BUKU PINTAR
GEMPA

Mengenal Seluk Beluk Gempa,
Jenis-jenisnya,
Penyebab-penyebabnya,
Dampak-dampaknya

PUSTAKAAN
ARSIPAN
JAWA TIMUR
34
I
3

n Sains
tentang
Gempa untuk
Semua Kalangan

Evi Rine Hartuti

Jaminan Kepuasan
Apabila Anda mendapatkan buku ini dalam keadaan cacat produksi (di luar kesengajaan kami), seperti halaman kosong atau terbalik, silahkan ditukar di toko tempat Anda membeli atau langsung kepada kami dan kami akan menggantinya segera dengan buku yang bagus.

Evi Rine Hartuti

BUKU PINTAR GEMPA

**Mengenal Seluk Beluk Gempa,
Jenis-jenisnya,
Penyebab-penyebabnya,
dan Dampak-dampaknya**

M I L I K
Badan Perpustakaan
dan Kearsipan
Propinsi Jawa Timur
371.280 (BPK/P/71

BUKU PINTAR GEMPA

Evi Rine Hartuti

Editor
Eti Syahriyanti
Tata Sampul
Ryo
Tata Isi
Violet Vitrya
Pracetak
Ita, Dwi, Yanto
Cetakan Pertama
November 2009

Penerbit
DIVA Press
(Anggota IKAPI)
Sampangan Gg. Perkutut No.325-B
Jl. Wonosari, Baturetno
Banguntapan Jogjakarta
Telp: (0274) 4353776, 7418727
Fax: (0274) 4353776
E-mail: redaksi_divapress@yahoo.com
ircisod68@yahoo.com
Website: www.divapress-online.com

Pengantar Penulis

Gempa bukan lagi peristiwa yang asing bagi kita, masyarakat Indonesia. Hampir setiap tahun, negara kita dilanda gempa. Bahkan tidak jarang, gempa-gempa besar melanda negara kita. Sebagai contoh gempa di Aceh yang disusul dengan adanya tsunami, gempa di Yogyakarta dan Jawa Tengah, gempa di Tasikmalaya, dan yang baru saja terjadi adalah gempa di Sumatra Barat, Padang Pariaman, serta Jambi.

Sebenarnya, bukan hanya negara kita saja yang pernah merasakan dahsyatnya gempa bumi. Negara-negara seperti Jepang, Amerika, Afganistan, dan lain sebagainya juga pernah mengalaminya. Sampai saat ini, gempa paling besar yang pernah terjadi di dunia adalah gempa di Chili dengan kekuatan 9,5 Skala Richter yang disertai dengan tsunami.

Gempa dapat menyebabkan kerusakan berbagai fasilitas umum, harta, bahkan korban jiwa. Tidak sedikit manusia yang sudah menjadi korban keganasan gempa. Sebenarnya, apakah yang disebut dengan gempa bumi itu? Mengapa negara kita selalu mengalaminya? Dapatkah gempa kita tanggulangi agar tidak berisiko pada kita? Bagaimanakah cara

menanggulanginya? Apabila sudah terjadi, bagaimana kita menyikapinya?

Gempa bumi tidak dapat diprediksi kapan terjadinya. Kita hanya dapat mengetahui tanda-tanda sebelum terjadi gempa. Oleh karena itu, kewaspadaan yang tinggi perlu kita tingkatkan. Dalam buku ini, akan dibahas banyak mengenai proses terjadinya gempa, tanda-tanda terjadinya gempa, penanggulangan gempa, sampai cara penyelamatan diri jika terjadi gempa.

Dengan mengetahui cara pencegahannya, diharapkan kita dapat mengurangi risiko dari berbagai dampak yang mungkin akan terjadi akibat adanya gempa. Penanggulangan bencana hendaknya menjadi tanggung jawab bersama antara masyarakat dan pemerintah serta pihak-pihak terkait. Perlu diketahui, kebanyakan korban jiwa adalah orang yang tidak mempersiapkan diri sejak dini dalam menghadapi gempa.

Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat bagi pembaca, termasuk bagi penulis. Mari tingkatkan kewaspadaan kita terhadap bencana alam, khususnya gempa bumi.

Yogyakarta, 9 September 2009

Evi Rine Hartuti

Daftar Isi

Pengantar Penulis 5
Daftar Isi 7

Bab 1. Pendahuluan 11
A. Apakah Gempa Itu? 12
B. Proses Terjadinya Gempa Bumi 13

Bab 2. Macam-Macam Gempa 15
dan Penyebabnya 15
A. *Hiposenter* dan *Episenter* (*Focus and Epicenter*). 17
B. Sesar Bumi (*Earth Fault*) 17
C. Gelombang Seismik (*Seismic Wave*) 19
D. Klasifikasi Gempa 23
E. Getaran Gempa 27

Bab 3. Gempa Tektonik 29
A. Istilah-Istilah dalam Gempa Tektonik 31
B. Proses Terjadinya Gempa Tektonik 34
C. Tektonik Lempeng 36
D. Perkembangan Teori 37
E. Jenis-Jenis Batas Lempeng 40
F. Kekuatan Pergerakan Lempeng 41
G. Gaya Gesek 43
H. Gravitasi 44
I. Gaya dari Luar 45
J. Signifikasi Relatif Masing-Masing Mekanisme. 46
H. Lempeng-Lempeng Utama di Dunia 47

Bab 4. Gempa Vulkanik 49
A. Gunung Berapi 50
B. Gunung Meletus 56
C. Siap Menghadapi Gunung Meletus..... 63
D. Manfaat dan Kerugian Gunung Meletus..... 66
E. Gunung Berapi di Indonesia..... 67

Bab 5. Tanda-Tanda Gempa 77
A. Awan Aneh sebelum Terjadi Gempa di Yogyakarta 77
B. Fenomena Alam Pertanda Gempa 79

Bab 6. Mengukur Gempa 83
A. Magnitudo 84
B. Intensitas..... 85
C. Perbandingan Skala Richter dan MMI 86
D. *Seismograf*..... 89

Bab 7. Gempa Bersejarah..... 91
A. Gempa di Maumere (6,8 SR) 92
B. Gempa di Gorontalo (7,7 SR)..... 93
C. Gempa di San Francisco (6,9 SR) 94
D. Gempa di Aceh (9,1 SR)..... 95
E. Gempa di Yogyakarta (5,9 SR)..... 96
F. Gempa di Padang, Sumatra Barat (7,9 SR). 97
G. Gempa di Jambi (7,0 SR)..... 99
H. Gempa Bumi Besar pada Abad ke-20 dan 21. 100
I. Indonesia Rawan Gempa..... 108

Bab 8. Dampak Gempa..... 111
A. Dampak Gempa Vulkanik..... 112
B. Dampak Gempa Tektonik 113

Bab 9. Tsunami..... 121
A. Pengertian Tsunami..... 123
B. Tsunami dalam Sejarah..... 126
C. Penyebab Terjadinya Tsunami..... 133
D. Karakteristik Tsunami 138
E. Proses Terjadinya Tsunami 143
F. Megatsunami dan *Seiche*..... 145
G. Ciri-Ciri Tsunami..... 145
H. Dampak Tsunami..... 147
I. Pencegahan dan Penanggulangan Tsunami. 151
J. Saat dan Sesudah Tsunami Datang 162

Bab 10. Tanah Longsor 165
A. Pengertian Tanah Longsor 166
B. Jenis-jenis Tanah Longsor 166
C. Ciri-Ciri Terjadinya Tanah Longsor 170
D. Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor 172
E. Wilayah Rawan Tanah Longsor..... 181
F. Tahapan Mitigasi Bencana Tanah Longsor .. 184
G. Tindakan yang Dilakukan Selama dan Sesudah Tanah Longsor..... 186

Bab 11. Trauma Psikologis Pasca Gempa..... 189
A. Gejala-Gejala Trauma Psikologis..... 191
B. Antisipasi Trauma Psikologis 193

Bab 12. Persiapan Menghadapi Gempa..... 197
A. Sebelum Terjadi Gempa..... 198
B. Saat Terjadi Gempa 202
C. Setelah Terjadi Gempa..... 209

Bab 13. Membangun Rumah Tahan Gempa. 213
A. Beberapa Karakteristik Guncangan Gempa 215
B. Rumah Peninggalan Nenek Moyang 216
C. Tingkat Pembebanan Gempa 219
D. Prinsip-Prinsip Utama Konstruksi Rumah Tahan Gempa 223

Bab 14. Pihak-Pihak Terkait dalam Penanggulangan Bencana 235
A. Dinas Sosial 236
B. Tentara Nasional Indonesia (TNI) 236
C. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) 236
D. *Search and Rescue* (SAR) 237
E. Rumah Sakit (Unit Gawat Darurat) 237
F. Puskesmas (Pusat Kesehatan Masyarakat) .. 237
G. Polisi Daerah 238
H. Satuan Pelaksana Penanggulangan Bencana dan Pengungsi (SATLAK PBP) 238
I. Satuan Koordinasi Pelaksanaan Penanggulangan Bencana dan Pengungsi (SATKORLAK PBP) 238
J. Hansip/Linmas 239
K. PMI (Palang Merah Indonesia) 239
L. Kepala Desa 239
M. Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) 240
N. Media Massa 240
O. Kelompok Masyarakat Penanggulangan Bencana (KMPB) 240

Bab 15. Penutup 241

Daftar Pustaka 243
Tentang Penulis 245

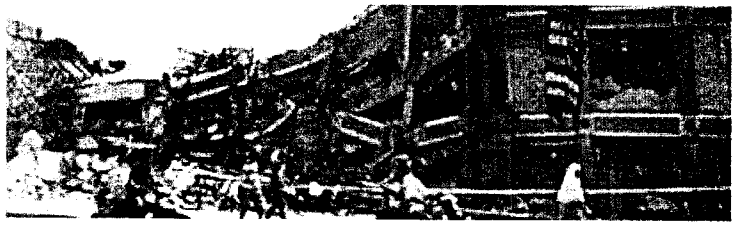
Bab 1

Pendahuluan

Pagi itu, tanggal 26 Desember 2004 sekitar pukul 07.59 WIB, Susanto baru saja menyelesaikan sarapan paginya di sebuah hotel di Banda Aceh. Tiba-tiba, lantai terasa bergetar dan terdengar suara gaduh, bergemuruh. Wajah setiap orang seketika menjadi tegang. Selanjutnya, terdengar suara, "Gempa...!!! Gempa...!!!" teriak Haris, petugas hotel. Hotel mulai bergoyang keras. Susanto berusaha berlari hendak keluar melalui lift. Namun, ternyata lift juga *ambrol* dengan mengeluarkan suara, "Buumm...." Akhirnya, dengan menggunakan tangga biasa, Santoso berhasil

keluar bersama tamu-tamu hotel lainnya. Setibanya di luar, ia melihat bangunan hotel miring lalu ambruk. Santoso menghindar jauh dari hotel tersebut dan selamat.

Pengalaman Susanto ini tidak akan pernah dia lupakan seumur hidup. Namun, dia masih termasuk orang yang beruntung. Ada banyak orang yang menjadi korban dalam bencana alam itu. Tidak sedikit orang yang kehilangan harta, bahkan sanak saudaranya. Hari itu adalah hari kelabu bagi masyarakat Banda Aceh.



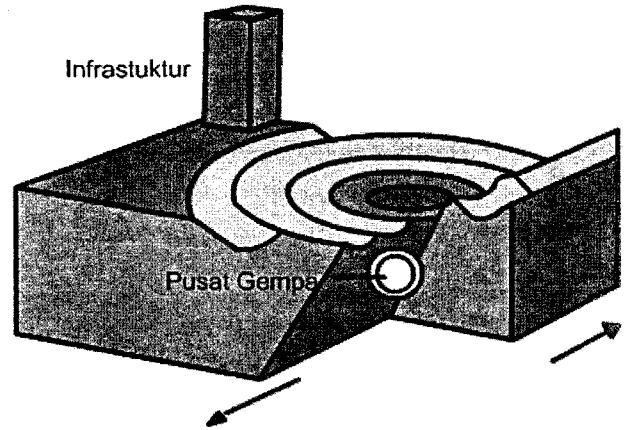
Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 1.1. Gedung yang roboh karena gempa.

A. Apakah Gempa Itu?

Sebenarnya, apakah yang dimaksud dengan gempa bumi itu? Mengapa kehadirannya dapat membuat orang menjadi sedemikian takutnya? Secara keilmuan, gempa bumi adalah suatu peristiwa pelepasan energi gelombang *seismic* yang terjadi secara tiba-tiba. Pelepasan energi ini diakibatkan karena

adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.



Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 1.2. Patahan lempeng kerak bumi saat terjadi gempa bumi.

B. Proses Terjadinya Gempa Bumi

Bumi kita walaupun padat, namun selalu bergerak. Gerakan bumi ini akan menimbulkan suatu tekanan. Apabila tekanan yang terjadi itu sudah terlalu besar untuk dapat ditahan oleh lempeng tektonik, maka gempa bumilah yang akan terjadi. Proses pelepasan energi ini berupa gelombang elastis, yaitu gelombang *seismik* atau gempa yang sampai ke permukaan bumi dan menimbulkan getaran sehingga

menimbulkan kerusakan pada benda-benda atau bangunan di permukaan bumi. Besarnya kerusakan sangat bergantung dengan besar dan lamanya getaran yang sampai ke permukaan bumi. Rusaknya bangunan akibat gempa juga sangat bergantung dengan kekuatan struktur bangunan itu sendiri.

Para ahli gempa mengklasifikasikan gempa menjadi dua kategori, yaitu gempa intralempeng (*intraplate*) dan gempa antarlempeng (*interplate*). Gempa *intraplate* adalah gempa yang terjadi di dalam lempeng itu sendiri. Sedangkan gempa *interplate* adalah gempa yang terjadi di batas antara dua lempeng.

Sebenarnya, setiap hari, bumi ini mengalami gempa, namun kebanyakan tidak terasa oleh manusia. Hanya alat *seismograf*-lah yang dapat mencatatnya dan tidak semuanya menyebabkan kerusakan. Di Indonesia, gempa yang mengakibatkan kerusakan terjadi 3 sampai 5 kali dalam satu tahun.

Bab 2

Macam-Macam Gempa dan Penyebabnya

Ilmu yang mempelajari tentang gempa disebut dengan *seismologi*. Ilmu ini mengkaji tentang apa yang terjadi pada permukaan bumi di saat gempa, bagaimana energi guncangan merambat dari dalam perut bumi ke permukaan, dan bagaimana energi ini dapat menimbulkan kerusakan, serta proses penghunjaman antarlempeng pada "sesar" bumi yang menyebabkan terjadinya gempa.

Kebanyakan gempa bumi disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan karena tekanan yang dilakukan oleh lempengan yang bergerak. Semakin

lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan di mana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan. Pada saat itulah gempa bumi akan terjadi. Gempa bumi biasanya terjadi di perbatasan lempengan-lempengan tersebut. Gempa bumi yang paling parah biasanya terjadi di perbatasan lempengan *kompresional* dan *translasional*. Gempa bumi, kemungkinan besar terjadi karena materi lapisan *lithosphere* yang terjepit ke dalam dan mengalami transisi fase pada kedalaman lebih dari 600 km.

Beberapa gempa bumi lain juga dapat terjadi karena pergerakan magma di dalam gunung berapi. Gempa bumi seperti itu dapat menjadi gejala akan terjadinya letusan gunung berapi. Beberapa gempa bumi (namun jarang) juga terjadi karena menumpuknya massa air yang sangat besar di balik dam, seperti Dam Karibia di Zambia, Afrika. Sebagian lagi juga dapat terjadi karena injeksi atau abstraksi cairan dari atau ke dalam bumi. Sebagai contoh pada beberapa pembangkit listrik tenaga panas bumi dan di Rocky Mountain Arsenal. Terakhir, gempa juga dapat terjadi dari peledakan bahan peledak. Hal ini membuat para ilmuwan terus memonitor tes rahasia senjata nuklir yang dilakukan pemerintah. Gempa bumi yang disebabkan oleh manusia seperti ini dinamakan seismisitas terinduksi.

A. *Hiposenter* dan *Episenter* (*Focus and Epicenter*)

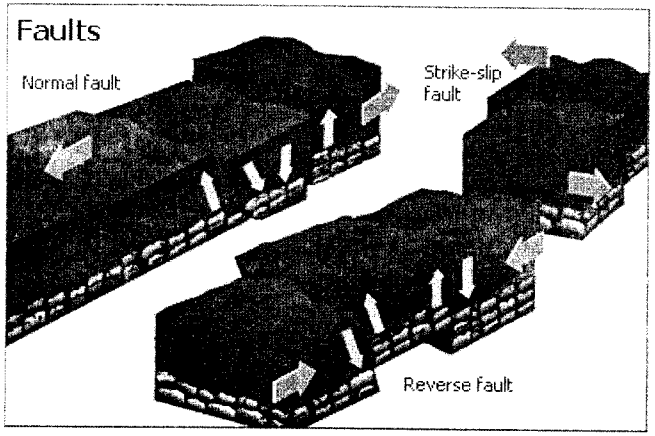
Titik dalam perut bumi yang merupakan sumber gempa dinamakan *hiposenter* atau *fokus*. Proyeksi tegak lurus *hiposenter* ke permukaan bumi ini dinamakan *episenter*. Gelombang gempa merambat dari *hiposenter* ke *patahan sesar fault rupture*. Bila kedalaman fokus dari permukaan adalah 0–70 km, terjadilah *gempa dangkal* (*shallow earthquake*). Sedangkan bila kedalamannya antara 70–700 km, terjadilah *gempa dalam* (*deep earthquake*). Gempa dangkal menimbulkan efek guncangan yang lebih dahsyat dibanding gempa dalam. Hal ini dikarenakan letak fokus gempa lebih dekat ke permukaan, di mana batu-batuan bersifat lebih keras sehingga melepaskan lebih besar *regangan* (*strain*).

B. Sesar Bumi (*Earth Fault*)

Sesar (*fault*) adalah celah pada kerak bumi yang berada di perbatasan antara dua lempeng tektonik. Gempa sangat dipengaruhi oleh pergerakan batuan dan lempeng pada sesar ini. Bila batuan yang menumpu merosot ke bawah akibat batuan penumpu di kedua sisinya bergerak saling menjauh, sesarnya dinamakan *"sesar normal"* (*normal fault*). Akan tetapi, bila batuan yang menumpu terangkat ke atas akibat

M I L I K
Badan Perpustakaan

batuan penumpu di kedua sisinya bergerak saling mendorong, sesarnya dinamakan *"sesar terbalik"* (*reverse fault*). Dan, bila kedua batuan pada sesar bergerak saling *menggelangsar*, sesarnya dinamakan *"sesar geseran-jurus"* (*strike-slip fault*).



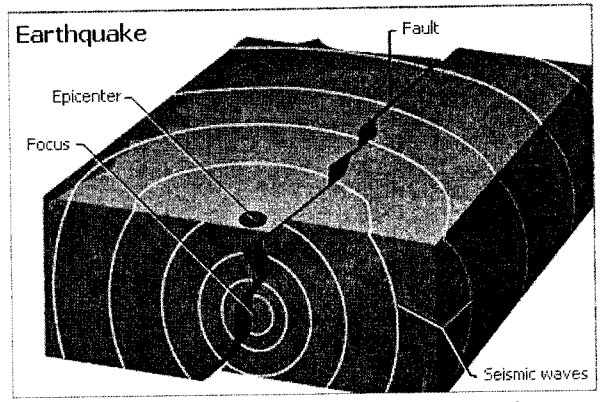
Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 2.1. Gambaran beberapa sesar bumi.

Sesar normal dan sesar terbalik, keduanya menghasilkan *perpindahan vertikal* (*vertical displacement*). Sedangkan sesar geseran-jurus menghasilkan *perpindahan horizontal* (*horizontal displacement*).

C. Gelombang Seismik (*Seismic Wave*)

Gerakan batuan yang tiba-tiba di sepanjang celah pada sesar bumi dapat menimbulkan getaran (*vibration*) yang mentransmisikan energi dalam bentuk *gelombang* (*wave*).



Sumber: http://disaster.elvini.net

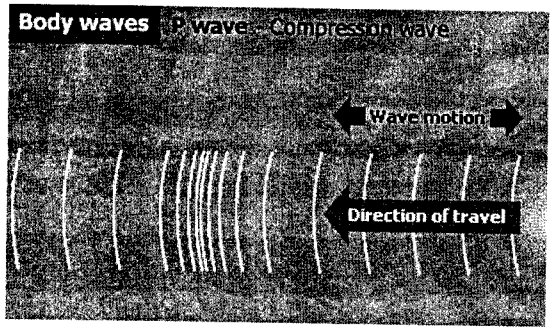
Gambar 2.2 Gambaran gelombang seismik

Gelombang yang merambat di sela-sela bebatuan di bawah permukaan bumi disebut dengan *"gelombang badan"* (*body wave*). Sedangkan gelombang yang merambat dari episenter ke sepanjang permukaan bumi disebut dengan *"gelombang permukaan"* (*surface wave*).

1. Gelombang Badan (*Body Wave*)

Ada dua macam gelombang badan, yaitu gelombang primer atau *gelombang P* (*primary wave*) dan gelombang sekunder atau *gelombang S* (*secondary wave*).

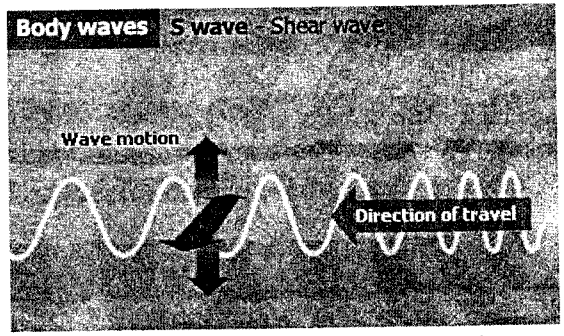
Gelombang P atau *gelombang mampatan* (*compression wave*) adalah gelombang longitudinal yang arah gerakannya sejajar dengan arah perambatan gelombang. Gelombang ini merupakan gelombang seismik tercepat yang merambat di sela-sela bebatuan, yaitu dengan kecepatan 6–7 km/detik.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 2.3. Gambaran gelombang P.

Gelombang S atau *gelombang rincih* (*shear wave*) adalah gelombang transversal yang arah gerakannya tegak lurus dengan arah perambatan gelombang. Gelombang seismik ini merambat di sela-sela bebatuan dengan kecepatan sekitar 3,5 km/detik.



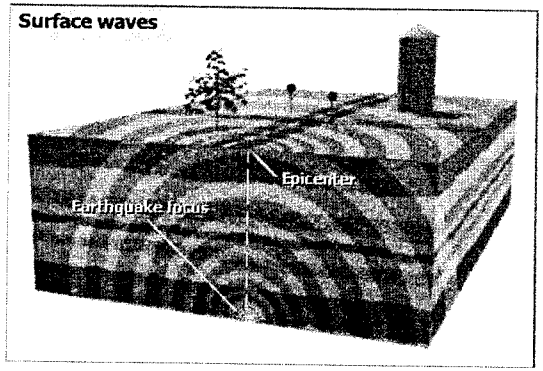
Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 2.4. Gambaran gelombang S.

Baik gelombang P maupun gelombang S dapat membantu ahli seismologi untuk mencari letak *hiposenter* dan *episenter* suatu gempa. Saat kedua gelombang ini berjalan di dalam dan permukaan bumi, keduanya mengalami *pemantulan* (*reflection*) dan *pembiasan* (*refraction*) atau membelok. Hal ini sama persis seperti sebuah cahaya yang seolah membelok saat menembus kaca bening. Para ahli seismologi memeriksa pembelokan ini untuk menentukan sumber dari suatu gempa.

2. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

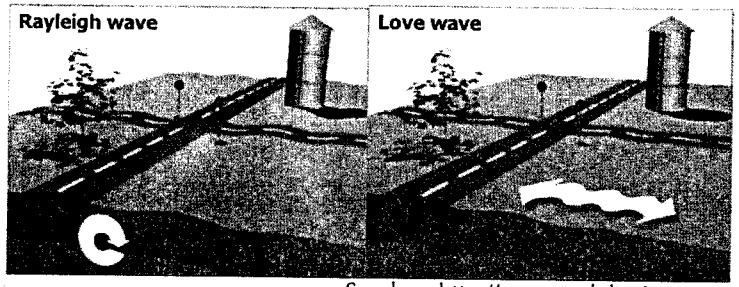
Ada dua macam gelombang permukaan, yaitu *gelombang Rayleigh dan gelombang Love. Kedua nama gelombang ini diambil dari nama fisikawan* Inggris, Lord Rayleigh dan nama geofisikawan Inggris, A.E.H. Love.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 2.5. Gambaran gelombang permukaan.

Gelombang *Rayleigh* menimbulkan efek gerakan tanah yang sirkular. Hal ini akan mengakibatkan tanah bergerak naik turun seperti ombak di laut. Sedangkan gelombang *Love* dapat menimbulkan efek gerakan tanah yang horizontal dan tidak menghasilkan perpindahan vertikal.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 2.6. Gambaran gelombang *Reyleigh* dan *Love*.

Kecepatan merambat kedua gelombang permukaan ini selalu lebih kecil daripada kecepatan gelombang P. Namun, pada umumnya gelombang ini mempunyai kecepatan lebih lambat daripada gelombang S.

D. Klasifikasi Gempa

Gempa bumi dapat digolongkan menjadi beberapa kategori, yaitu berdasarkan proses terjadinya, bentuk episentrumnya, kedalaman hiposentrumnya, jaraknya, dan lokasinya.

1. Menurut Proses Terjadinya

Menurut proses terjadinya, gempa bumi dapat diklasifikasikan menjadi lima. Berikut ini klasifikasi gempa tersebut.

a. *Gempa tektonik*, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya tumbukan lempeng-lempeng di lapisan litosfer kulit bumi oleh tenaga tektonik.

b. *Gempa vulkanik*, yaitu gempa yang terjadi akibat aktivitas gunung berapi. Oleh karena itu, gempa ini hanya dapat dirasakan di sekitar gunung berapi saat akan meletus, saat meletus, dan setelah terjadi letusan.

c. *Gempa runtuhan* atau longsoran, yaitu gempa yang terjadi karena adanya runtuhan tanah atau batuan. Lereng gunung atau pantai yang curam

memiliki energi potensial yang besar untuk runtuh. Gempa ini sering terjadi di kawasan tambang akibat runtuhnya dinding atau terowongan pada tambang-tambang bawah tanah sehingga dapat menimbulkan getaran di sekitar daerah runtuhan. Gempa ini mempunyai dampak yang tidak begitu membahayakan. Namun, dampak yang berbahaya justru akibat dari timbunan batuan atau tanah longsor itu sendiri.

d. *Gempa jatuhan*, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya benda langit yang jatuh ke bumi, misalnya meteor. Seperti kita ketahui bahwa ada ribuan meteor atau batuan yang bertebaran mengelilingi orbit bumi. Sewaktu-waktu meteor tersebut jatuh ke atmosfer bumi, bahkan terkadang sampai ke permukaan bumi. Meteor yang jatuh ini akan menimbulkan getaran bumi jika massa meteor cukup besar. Getaran ini disebut gempa jatuhan. Gempa seperti ini jarang sekali terjadi.

Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 2.7. Kawah meteor yang terletak di dekat Flagstaff, Arizona.

e. *Gempa buatan*, yaitu gempa yang memang sengaja dibuat oleh manusia. Suatu percobaan peledakan nuklir bawah tanah atau laut dapat menimbulkan getaran bumi yang dapat tercatat oleh seismograf seluruh permukaan bumi tergantung dengan kekuatan ledakan, sedangkan ledakan dinamit di bawah permukaan bumi juga dapat menimbulkan getaran namun efek getarannya sangat lokal.

2. Menurut Bentuk Episentrum

Menurut bentuk episentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi dua jenis. Berikut ini kedua jenis gempa tersebut.

a. *Gempa sentral*, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk titik.
b. *Gempa linear*, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk garis.

3. Menurut Kedalaman Hiposentrum

Menurut kedalaman hiposentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis. Berikut ini ketiga kelompok gempa tersebut.

a. *Gempa bumi dalam*, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi.

b. *Gempa bumi menengah*, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum berada antara 60–300 km di bawah permukaan bumi.
c. *Gempa bumi dangkal*, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum kurang dari 60 km di bawah permukaan bumi.

4. Menurut Jarak Episentrum

Menurut jarak episentrumnya, gempa dapat dibagi menjadi tiga kelompok. Ketiga kelompok tersebut adalah sebagai berikut.

a. *Gempa sangat jauh*, yaitu gempa yang jarak episentrumnya lebih dari 10.000 km.
b. *Gempa jauh*, yaitu gempa yang jarak episentrumnya sekitar 10.000 km.
c. *Gempa lokal*, yaitu gempa yang jarak episentrumnya kurang dari 10.000 km.

5. Menurut Lokasi Episentrum

Menurut lokasi episentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi dua. Kedua kelompok gempa tersebut adalah sebagai berikut.

a. *Gempa daratan*, yaitu gempa yang lokasi episentrumnya berada di daratan.
b. *Gempa lautan*, yaitu gempa yang lokasi episentrumnya berada di dasar laut. Gempa jenis inilah yang dapat berpotensi menimbulkan tsunami.

E. Getaran Gempa

Getaran gempa dari hiposentrum merambat dan menyebar ke segala arah. Getaran itu berupa gelombang primer dan gelombang sekunder. Dari episentrum, juga terjadi rambatan getaran di permukaan bumi dalam bentuk gelombang panjang. Dari penjelasan tersebut, jelaslah bahwa gelombang gempa dapat dibedakan menjadi tiga.

1. *Gelombang primer* (P), yaitu gelombang longitudinal yang merambat di permukaan bumi dengan kecepatan 4–7 km per detik.
2. *Gelombang sekunder* (S), yaitu gelombang transversal yang merambat di permukaan bumi dengan kecepatan 2–6 km per detik.
3. *Gelombang panjang* (L), yaitu gelombang permukaan dengan kecepatan lebih lambat.

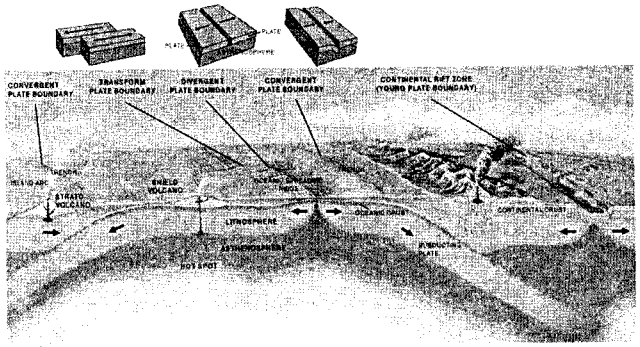
Bab 3

Gempa Tektonik

Gempa bumi tektonik adalah je nis gempa bumi yang disebabkan oleh pergeseran lempeng plat tektonik. Gempa ini terjadi karena besarnya tenaga yang dihasilkan akibat adanya tekanan antar lempeng batuan dalam perut bumi. Gempa bumi ini adalah jenis gempa yang paling sering dirasakan, terutama di Indonesia.

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, bahwa lempeng tektonik bumi kita ini terus bergerak. Ada yang saling mendorong, saling menjauh, atau saling *menggelangsar*. Karena tepian lempeng tektonik ini tidak

rata, maka ketika saling bergesekan akan menimbulkan *friksi*. Friksi inilah yang kemudian melepaskan energi guncangan.



Sumber: http://images.google.co.id

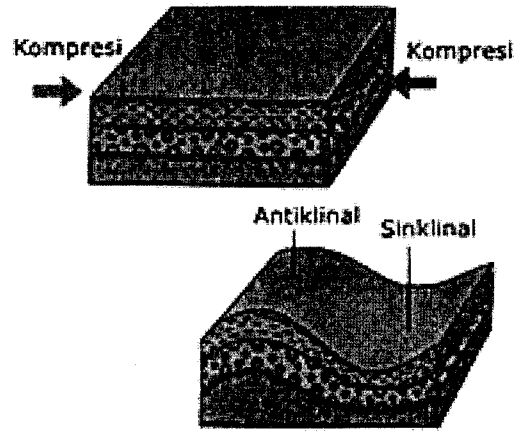
Gambar 3.1. Gambaran jenis batas lempeng.

Gempa bumi tektonik memang unik. Peta penyebarannya mengikuti pola atau aturan yang khusus dan menyempit, yakni mengikuti pola-pola pertemuan lempeng-lempeng tektonik yang menyusun kerak bumi. Dalam ilmu kebumian (geologi), kerangka teoretis tektonik lempeng merupakan *postulat* untuk menjelaskan fenomena gempa bumi tektonik yang melanda hampir seluruh kawasan, yang berdekatan dengan batas pertemuan lempeng tektonik. Contoh gempa tektonik ialah seperti yang terjadi di Yogyakarta, pada hari Sabtu, tanggal 27 Mei 2006 dini hari, pukul 05.54 WIB.

A. Istilah-Istilah dalam Gempa Tektonik

Seperti telah dijelaskan bahwa keragaman muka bumi banyak dipengaruhi oleh adanya gerakan-gerakan di kerak bumi, baik gerakan mendatar maupun gerakan tegak. Gerakan-gerakan tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang menghasilkan pola baru yang disebut struktur *diastropik*. Bentuk baru yang termasuk dalam struktur *diastropik* adalah pelengkungan, pelipatan, patahan, dan retakan.

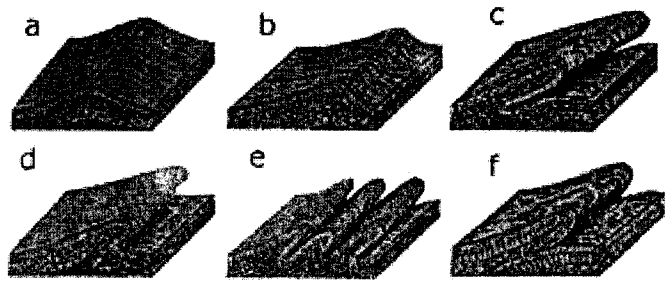
1. *Pelengkungan* adalah lapisan kulit bumi yang semula mendatar berubah menjadi melengkung karena mendapat tekanan vertikal. Lengkungan tersebut dapat mengarah ke atas, yang disebut kubah (*dome*) dan dapat juga mengarah ke bawah yang disebut basin.
2. *Lipatan* adalah gerakan pada lapisan kulit bumi yang tidak terlalu besar dan berlangsung dalam waktu yang lama sehingga menyebabkan lapisan kulit bumi berkerut atau melipat. Kerutan atau lipatan bumi ini yang nantinya akan menjadi pegunungan. Punggung lipatan disebut *antiklinal*. Lembah lipatan disebut *sinklinal*. *Sinklinal* yang sangat luas disebut *geosinklinal*.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 3.2. Gambaran lipatan pada lapisan bumi.

Ada beberapa jenis lipatan, yaitu lipatan tegak miring, rebah, menggantung, *isoklin*, dan kelopak.



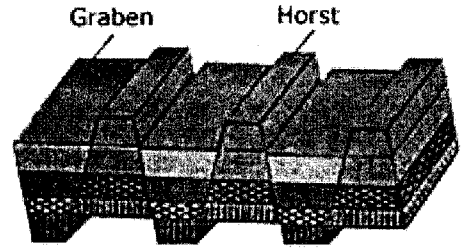
Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 3.3. Gambaran jenis-jenis lipatan pada lapisan bumi.

Keterangan gambar:

a. lipatan tegak
b. lipatan miring
c. lipatan rebah
d. lipatan menggantung
e. lipatan *isoklin*
f. lipatan kelopak

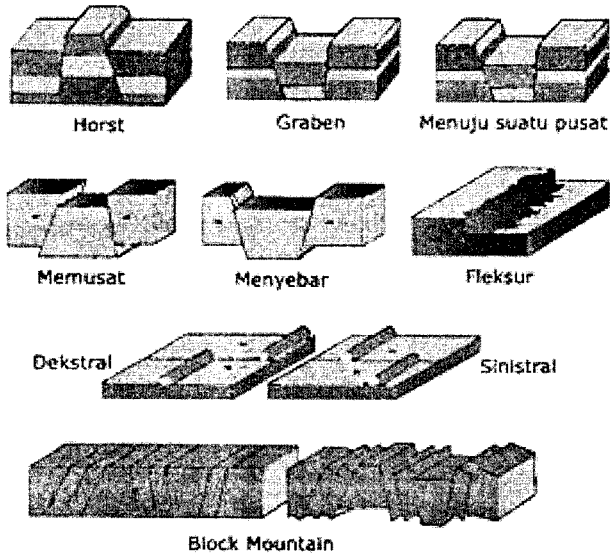
3. *Patahan* yaitu gerakan pada lapisan bumi yang sangat besar dan berlangsung dalam waktu sangat cepat sehingga menyebabkan lapisan kulit bumi retak atau patah. Bagian muka bumi yang mengalami patahan, misalnya *graben* dan *horst*. *Horst* adalah tanah naik, terjadi bila ada pengangkatan. *Graben* adalah tanah turun, terjadi bila blok batuan mengalami penurunan. Daerah patahan merupakan daerah yang rawan gempa karena sifatnya yang rapuh. Patahan sering disebut juga sesar.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 3.4. Gambaran patahan pada lapisan bumi.

Gambar berikut merupakan jenis-jenis dari lipatan bumi.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

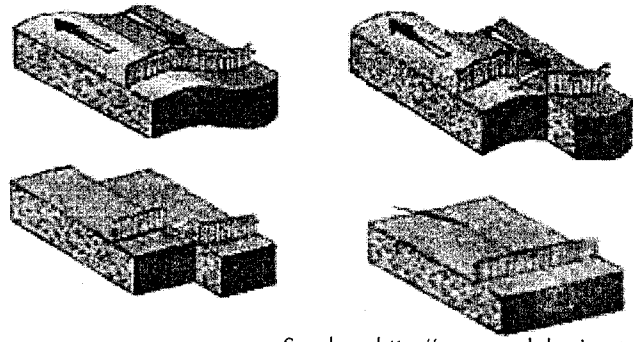
Gambar 3.5. Gambaran jenis-jenis patahan pada lapisan bumi.

4. Retakan terjadi karena gaya regangan yang menyebabkan batuan menjadi retak-retak.

B. Proses Terjadinya Gempa Tektonik

Seperti diketahui bahwa kulit bumi terdiri dari lempeng-lempeng tektonik yang terdiri dari lapisan-lapisan batuan. Tiap-tiap lapisan memiliki kekerasan dan massa jenis yang berbeda satu dengan yang lainnya. Lapisan kulit bumi tersebut mengalami pergeseran akibat adanya arus konveksi yang terjadi di dalam bumi. Berikut ini gambaran proses terjadinya gempa tektonik.

1. Sesar aktif bergerak sedikit demi sedikit ke arah yang saling berlawanan. Pada tahap ini terjadi akumulasi energi elastis.
2. Pada tahap ini mulai terjadi deformasi sesar, karena energi elastis makin besar.
3. Pada tahap ini terjadi pelepasan energi secara mendadak sehingga terjadi peristiwa yang disebut gempa bumi tektonik.
4. Pada tahap ini sesar kembali mencapai tingkat keseimbangannya kembali. Pergeseran ini kian lama menimbulkan energi-energi stres yang sewaktu-waktu terjadi pelepasan energi secara mendadak.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 3.6. Proses pergerakan lempeng saat gempa.

Peristiwa inilah yang disebut gempa tektonik, yaitu peristiwa pelepasan energi secara tiba-tiba di dalam batuan sepanjang sesar atau patahan seperti terlihat dalam gambar.

C. Tektonik Lempeng

Teori tektonik lempeng (*Plate Tectonics*) adalah teori dalam bidang geologi yang dikembangkan untuk memberikan penjelasan terhadap adanya bukti-bukti pergerakan skala besar yang dilakukan oleh litosfer bumi. Teori ini telah menggantikan teori Continental Drift yang lebih dahulu dikemukakan pada awal abad ke-20 dan konsep *seafloor spreading* yang dikembangkan pada tahun 1960-an. Bagian paling luar dari interior bumi terbentuk dari tiga lapisan yaitu:

1. Lapisan atas terdapat litosfer, yang terdiri atas kerak dan bagian teratas mantel bumi yang kaku dan padat. Di bawah lapisan litosfer terdapat astenosfer yang terbentuk.
2. Lapisan di bawah litosfer terdapat astenosfer, yang berbentuk padat tetapi dapat mengalir seperti cairan. Lapisan ini mengalir sangat lambat dan dalam waktu geologis yang sangat lama. Hal ini dikarenakan viskositas dan kekuatan gesernya yang rendah.
3. Lapisan di bawah astenosfer terdapat mantel yang mempunyai sifat lebih kaku lagi. Hal ini bukan dikarenakan suhunya yang lebih dingin, melainkan tekanannya yang tinggi.

Lapisan litosfer dibagi menjadi lempeng-lempeng tektonik (*tectonic plates*). Di bumi, terdapat tujuh lempeng utama dan banyak lempeng-lempeng yang lebih kecil. Lempeng-lempeng litosfer ini menumpang di atas astenosfer. Mereka bergerak relatif satu dengan yang lainnya di batas-batas lempeng, baik divergen (menjauh), konvergen (bertumbukan), ataupun transform (menyamping). Peristiwa gempa bumi, aktivitas vulkanik, pembentukan gunung, dan pembentukan palung samudra, pada umumnya terjadi di daerah sepanjang batas lempengan. Pergerakan lateral lempeng lazimnya berkecepatan 50–100 mm/a.

D. Perkembangan Teori

Pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, para geolog berasumsi bahwa bumi mempunyai kedudukan yang tetap. Kebanyakan, penampakan geologis seperti pegunungan bisa dijelaskan dengan pergerakan vertikal kerak seperti dijelaskan dalam teori *geosinklin*. Sejak tahun 1596, telah diamati bahwa pantai Samudra Atlantik memiliki kemiripan bentuk dan tampaknya pernah menjadi satu. Ketepatan ini akan semakin jelas jika kita melihat tepi-tepi dari paparan benua yang ada di sana. Sejak saat itu, banyak teori telah dikemukakan untuk menjelaskan hal ini.

Namun, semuanya menemui jalan buntu. Asumsi bahwa bumi sepenuhnya padat justru menyulitkan ilmuwan untuk menemukan penjelasan yang sesuai.

Teori tektonik lempeng berasal dari hipotesis *continental drift* yang dikemukakan oleh Alfred Wegener pada tahun 1912. Teori ini kemudian dikembangkan lagi dalam bukunya *The Origin of Continents and Oceans* terbitan tahun 1915. Ia mengemukakan bahwa benua-benua yang sekarang ada, dahulu merupakan satu bentangan muka yang bergerak menjauh sehingga melepaskan benua-benua tersebut dari inti bumi seperti "bongkahan es" dari granit bermassa jenis rendah yang mengambang di atas lautan basal yang lebih padat. Namun, tanpa adanya bukti terperinci dan perhitungan gaya-gaya yang dilibatkan, teori ini pada akhirnya dipinggirkan. Mungkin saja bumi memiliki kerak yang padat dan inti yang cair, tetapi tampaknya tetap saja tidak mungkin bahwa bagian-bagian kerak tersebut dapat bergerak-gerak.

Di kemudian hari, dibuktikanlah teori yang dikemukakan geolog Inggris, Arthur Holmes tahun 1920, bahwa tautan bagian-bagian kerak ini kemungkinan ada di bawah laut. Ia juga membuktikan teorinya bahwa arus konveksi di dalam mantel bumi adalah kekuatan penggeraknya.

Bukti pertama bahwa lempeng-lempeng itu memang mengalami pergerakan didapatkan dari

penemuan perbedaan arah medan magnet dalam batuan-batuan yang berbeda usianya. Penemuan ini dinyatakan pertama kali pada sebuah simposium di Tasmania tahun 1956. Mula-mula, penemuan ini dimasukkan ke dalam teori ekspansi bumi. Namun, ternyata teori ini justru lebih mengarah ke pengembangan teori tektonik lempeng yang menjelaskan pemekaran (*spreading*) sebagai konsekuensi pergerakan vertikal (*upwelling*) batuan.

Pada waktu itulah, teori tektonik lempeng berubah dari sebuah teori yang radikal menjadi teori yang umum dipakai dan kemudian diterima secara luas di kalangan ilmuwan. Penelitian lebih lanjut tentang hubungan antara *seafloor spreading* dan balikan medan magnet bumi (*geomagnetic reversal*) dilakukan oleh geolog Harry Hammond Hess dan oseanograf Ron G. Mason. Mereka menunjukkan dengan tepat mekanisme yang menjelaskan pergerakan vertikal batuan yang baru

Seiring dengan diterimanya anomali magnetik bumi yang ditunjukkan dengan lajur-lajur sejajar yang simetris dengan magnetisasi yang sama di dasar laut pada kedua sisi *mid-oceanic ridge*, tektonik lempeng diterima secara luas. Kemajuan pesat dalam teknik pencitraan seismik mula-mula hanya di sekitar zona Wadati-Benioff dan beragam observasi geologis lainnya. Namun, tidak lama kemudian

tektonik lempeng dinyatakan sebagai teori yang memiliki kemampuan luar biasa dalam segi penjelasan dan prediksi.

E. Jenis-Jenis Batas Lempeng

Ada tiga jenis batas lempeng yang dibedakan berdasarkan cara lempengan tersebut bergerak relatif terhadap satu sama lain. Tiga jenis ini masing-masing berhubungan dengan fenomena yang berbeda di permukaan. Tiga jenis batas lempeng tersebut adalah seperti berikut.

1. Batas Transform (*Transform Boundaries*)

Batas ini terjadi jika lempeng bergerak dan mengalami gesekan satu sama lain secara menyamping di sepanjang sesar transform (*transform fault*). Gerakan relatif kedua lempeng bisa *sinistral* (ke kiri di sisi yang berlawanan dengan pengamat) ataupun *dekstral* (ke kanan di sisi yang berlawanan dengan pengamat). Contoh sesar jenis ini adalah Sesar San Andreas di California.

2. Batas Divergen/Konstruktif (*Divergent/ Constructive Boundaries*)

Batas ini terjadi ketika dua lempeng bergerak menjauh satu sama lain. *Mid-oceanic ridge* dan zona retakan (*rifting*) yang aktif adalah contoh batas divergen.

3. Batas Konvergen/Destruktif (*Convergent/ Destructive Boundaries*)

Batas ini terjadi jika dua lempeng bergesekan mendekati satu sama lain sehingga membentuk zona subduksi. Jika salah satu lempeng bergerak di bawah yang lain, akan terjadi tabrakan benua (*continental collision*) jika kedua lempeng mengandung kerak benua. Palung laut yang dalam biasanya berada di zona subduksi, di mana potongan lempeng yang terhunjam mengandung banyak hidrat (mengandung air). Kandungan air ini akan dilepaskan saat pemanasan terjadi bercampur dengan mantel dan menyebabkan pencairan sehingga menyebabkan aktivitas vulkanik. Contoh kasus ini dapat kita lihat di Pegunungan Andes di Amerika Selatan dan busur pulau Jepang (*Japanese island arc*).

F. Kekuatan Pergerakan Lempeng

Pergerakan lempeng tektonik bisa terjadi karena kepadatan relatif litosfer samudra dan karakter astenosfer yang relatif lemah. Pelepasan panas dari mantel telah didapati sebagai sumber asli dari energi yang menggerakkan tektonik lempeng. Pandangan yang disetujui sekarang, meskipun masih cukup diperdebatkan, adalah bahwa kelebihan kepadatan litosfer samudra yang membuatnya menyusup ke

bawah di zona subduksi adalah sumber terkuat pergerakan lempeng. Pada waktu pembentukannya di *mid ocean ridge*, litosfer samudra pada mulanya memiliki kepadatan yang lebih rendah dari astenosfer di sekitarnya. Kepadatan ini meningkat seiring dengan penuaan karena terjadinya pendinginan dan penebalan. Besarnya kepadatan litosfer yang lama relatif terhadap astenosfer di bawahnya memungkinkan terjadinya penyusupan ke mantel yang dalam di zona subduksi sehingga menjadi sumber sebagian besar kekuatan penggerak lempeng.

Kelemahan astenosfer memungkinkan lempeng untuk bergerak secara mudah menuju ke arah zona subduksi. Meskipun subduksi dipercaya sebagai kekuatan terkuat penggerak pergerakan lempeng, masih ada gaya penggerak lain yang dibuktikan dengan adanya lempeng seperti lempeng Amerika Utara, juga lempeng Eurasia yang bergerak tetapi tidak mengalami subduksi di mana pun. Sumber penggerak ini masih menjadi topik penelitian intensif dan diskusi di kalangan ilmuwan ilmu bumi. Pencitraan dua dan tiga dimensi interior bumi (tomografi seismik) menunjukkan adanya distribusi kepadatan yang heterogen secara lateral di seluruh mantel. Variasi dalam kepadatan ini bisa bersifat material (dari kimia

batuan), mineral (dari variasi struktur mineral), atau termal (melalui ekspansi dan kontraksi termal dari energi panas). Manifestasi dari keheterogenan kepadatan secara lateral adalah konveksi mantel dari gaya apung (*buoyancy forces*).

G. Gaya Gesek

Ada dua gaya gesek pada lapisan bumi. Kedua gaya gesek tersebut adalah:

1. ***Basal drag***
   Arus konveksi berskala besar di mantel atas disalurkan melalui astenosfer, sehingga pergerakan didorong oleh gesekan antara astenosfer dan litosfer.
2. ***Slab suction***
   Arus konveksi lokal memberikan tarikan ke bawah pada lempeng di zona subduksi di palung samudra. Penyerotan lempengan (*slab suction*) ini bisa terjadi dalam kondisi geodinamik di mana tarikan basal terus bekerja pada lempeng ini, yaitu pada saat ia masuk ke dalam mantel. Meskipun sebenarnya tarikan ini lebih banyak bekerja pada kedua sisi lempengan, atas dan bawah.

H. Gravitasi

1. Runtuhan Gravitasi

Pergerakan lempeng terjadi karena lempeng lebih tinggi di *oceanic ridge*. Litosfer samudra yang dingin menjadi lebih padat daripada mantel panas yang merupakan sumbernya. Maka, dengan ketebalan yang semakin meningkat, lempeng ini tenggelam ke dalam mantel untuk mengompensasikan beratnya. Akibatnya, akan menghasilkan sedikit inklinasi lateral proporsional dengan jarak dari sumbu ini. Dalam teks-teks geologi pada pendidikan dasar, proses ini sering disebut sebagai sebuah dorongan. Namun, sebenarnya sebutan yang lebih tepat adalah runtuhan karena topografi sebuah lempeng bisa jadi sangat berbeda-beda dan topografi pematang (*ridge*).

2. *Slab-pull* (Tarikan Lempengan)

Pergerakan lempeng sebagian disebabkan juga oleh berat lempeng yang dingin dan padat yang turun ke mantel di palung samudra. Ada bukti yang cukup banyak bahwa konveksi juga terjadi di mantel dengan skala cukup besar. Pergerakan ke atas materi di *mid-oceanic ridge* mungkin merupakan bagian dari konveksi ini. Beberapa model awal tektonik lempeng menggambarkan bahwa lempeng-lempeng ini menumpang di atas sel-sel seperti ban berjalan. Namun,

kebanyakan ilmuwan sekarang percaya bahwa astenosfer tidaklah cukup kuat untuk secara langsung menyebabkan pergerakan oleh gesekan gaya-gaya itu. *Slab pull* sendiri sangat mungkin menjadi gaya terbesar yang bekerja pada lempeng. Model yang lebih baru juga memberi peranan yang penting pada *penyerotan* (*suction*) di palung. Kekuatan penggerak utama untuk pergerakan lempeng dan sumber energinya itu sendiri masih menjadi bahan riset yang sedang berlangsung.

I. Gaya dari Luar

Dalam studi yang dipublikasikan pada edisi Januari–Februari 2006 dari buletin *Geological Society of America Bulletin*, sebuah tim ilmuwan dari Italia dan Amerika Serikat berpendapat bahwa komponen lempeng yang mengarah ke barat berasal dari rotasi bumi dan gesekan pasang bulan yang mengikutinya. Mereka berkata bahwa bumi berputar ke timur di bawah bulan, gravitasi bulan meskipun sangat kecil mampu menarik lapisan permukaan bumi kembali ke barat. Beberapa ilmuwan juga mengemukakan ide kontroversial bahwa hasil ini mungkin juga menjelaskan mengapa Venus dan Mars tidak memiliki lempeng tektonik, yaitu karena ketiadaan bulan di Venus dan kecilnya ukuran bulan Mars untuk memberi efek seperti pasang di bumi.

M I L I K
Badan Perpustakaan
dan Kearsipan

Pemikiran ini sendiri sebetulnya tidaklah baru. Hal ini juga pernah dikemukakan oleh bapak dari hipotesis ini sendiri, Alfred Wegener. Fisikawan, Harold Jeffreys juga pernah menyatakan bahwa banyak lempeng bergerak ke utara dan barat. Banyaknya pergerakan ke barat pada dasar Samudra Pasifik dapat dilihat dari sudut pandang pusat pemekaran (*spreading*) di Samudra Pasifik yang mengarah ke timur.

J. Signifikasi Relatif Masing-Masing Mekanisme

Vektor yang sebenarnya ada pada pergerakan sebuah planet seharusnya menjadi fungsi semua gaya yang bekerja pada lempeng itu. Namun, masalahnya adalah seberapa besar setiap proses ambil bagian dalam pergerakan setiap lempeng. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan melihat laju gerakan setiap lempeng dan mempertimbangkan setiap kekuatan penggerak dari lempeng. Salah satu hubungan terpenting yang ditemukan adalah bahwa lempeng litosferik yang lengket pada lempeng yang tersubduksi bergerak jauh lebih cepat daripada lempeng yang tidak. Misalnya, lempeng Pasifik dikelilingi zona subduksi (*Ring of Fire*) sehingga bergerak jauh lebih cepat daripada lempeng di Atlantik yang lengket pada benua yang berdekatan dan bukan

lempeng tersubduksi. Gaya yang berhubungan dengan lempeng yang bergerak ke bawah (*slab pull* dan *slab suction*) adalah kekuatan penggerak yang menentukan pergerakan lempeng kecuali untuk lempeng yang tidak disubduksikan. Walau bagaimanapun juga, kekuatan penggerak pergerakan lempeng itu sendiri masih menjadi bahan perdebatan dan riset para ilmuwan

H. Lempeng-Lempeng Utama di Dunia

Di dunia ini ada beberapa lempeng yang termasuk dalam lempeng tektonik utama. Beberapa di antara lempeng tersebut adalah seperti berikut.

1. Lempeng Afrika yang meliputi Afrika (lempeng benua).
2. Lempeng Antartika yang meliputi Antarktika (lempeng benua).
3. Lempeng Australia yang meliputi Australia, sejak 50 sampai 55 juta tahun yang lalu sudah tergabung dengan lempeng India (lempeng benua).
4. Lempeng Eurasia yang meliputi Asia dan Eropa (lempeng benua).
5. Lempeng Amerika Utara yang meliputi Amerika Utara dan Siberia timur laut (lempeng benua).
6. Lempeng Amerika Selatan yang meliputi Amerika Selatan (lempeng benua).

7. Lempeng Pasifik yang meliputi Samudra Pasifik (lempeng samudera).

Lempeng-lempeng penting lain yang lebih kecil mencakup lempeng India, lempeng Arabia, lempeng Karibia, Lempeng Juan de Fuca, lempeng Cocos, lempeng Nazca, lempeng Filipina, dan lempeng Scotia.

Pergerakan lempeng telah menyebabkan pembentukan dan pemecahan benua seiring berjalannya waktu, termasuk juga pembentukan superkontinen yang mencakup hampir semua benua. Superkontinen Rodinia diperkirakan terbentuk 1 miliar tahun yang lalu dan mencakup hampir semua benua di bumi dan terpecah menjadi delapan benua sekitar 600 juta tahun yang lalu. Delapan benua ini selanjutnya tersusun kembali menjadi superkontinen lain yang disebut Pangaea yang pada akhirnya juga terpecah menjadi Laurasia (yang menjadi Amerika Utara dan Eurasia), dan Gondwana (yang menjadi benua sisanya).

Bab 4

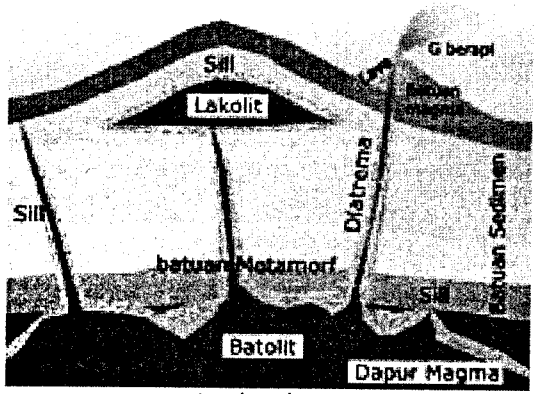
Gempa Vulkanik

Gempa vulkanik disebabkan karena adanya letusan gunung berapi. Saat gunung mengeluarkan berbagai material dari dalam perut bumi, ia akan menimbulkan suatu getaran. Getaran inilah yang disebut dengan gempa. Gempa akan dirasakan oleh semua yang ada di sekitar gunung tersebut. Sebenarnya, apakah yang dimaksud dengan gunung meletus? Mengapa gunung dapat meletus? Bagaimanakah ciri-ciri suatu gunung saat meletus? Sebelum menjawab semua itu, sebaiknya terlebih dahulu kita mengetahui apakah yang dimaksud dengan gunung berapi itu.

A. Gunung Berapi

Bentuk permukaan bumi tidaklah merata. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari luar dan dalam bumi itu sendiri. Pengaruh dari dalam bumi berupa tenaga yang sangat besar sehingga dapat membentuk muka bumi beraneka ragam. Tenaga yang berasal dari dalam bumi ini disebut *endogen*, contoh tektonisme, vulkanisme, dan seisme. Sedangkan tenaga yang berasal dari luar bumi disebut *eksogen*, contoh pelapukan dan erosi pengikisan. Karena tenaga endogen inilah, akhirnya terbentuk sebuah gunung. Gunung merupakan tonjolan pada kulit bumi yang terdiri dari lereng dan puncak.

Perhatikan gambar berikut:



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 4.1. Penampang gunung.

Rangkaian dari gunung-gunung akan membentuk pegunungan. Gunung dan pegunungan terbentuk karena adanya tenaga endogen. Apabila suatu tempat di permukaan bumi pernah atau masih mengeluarkan magma, maka terbentuklah gunung berapi.

Gunung berapi atau gunung api secara umum adalah istilah yang didefinisikan sebagai suatu saluran fluida panas (batuan dalam wujud cair atau lava) yang memanjang dari kedalaman sekitar 10 km di bawah permukaan bumi sampai ke permukaan bumi, termasuk endapan hasil akumulasi material yang dikeluarkan saat dia meletus. Secara singkat, gunung berapi adalah gunung yang masih aktif dalam mengeluarkan material di dalamnya.

Istilah gunung api juga sering digunakan untuk memberi nama fenomena pembentukan *ice volcanoes* atau gunung api es dan *mud volcanoes* atau gunung api lumpur. Gunung api es biasa terjadi di daerah yang mempunyai musim dingin bersalju. Sedangkan gunung api lumpur dapat kita lihat di daerah Kuwu, Purwodadi, Jawa Tengah. Masyarakat sekitar menyebut fenomena di Kuwu tersebut dengan istilah "Bledug Kuwu".

Gunung berapi terdapat di seluruh dunia. Namun, lokasi gunung berapi yang paling terkenal adalah gunung berapi yang berada di sepanjang

busur Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*). Busur Cincin Api Pasifik merupakan garis tempat bergeseknya antara dua lempengan tektonik.

Gunung berapi yang aktif mungkin akan berubah menjadi separuh aktif, padam, dan akhirnya menjadi tidak aktif atau mati. Gunung berapi akan padam dalam waktu 610 tahun sebelum akhirnya aktif kembali. Oleh karena itu, sukar bagi kita untuk menentukan apakah suatu gunung itu sudah mati ataukah masih aktif. Karena sudah mengalami letusan berulang kali di sepanjang "hidupnya," gunung berapi mempunyai beberapa bentuk. Apabila gunung berapi meletus, magma yang terdapat di bawah gunung berapi akan keluar sebagai lahar atau lava. Lava ini sangat panas dan berbahaya bagi makhluk hidup. Selain aliran lava, material lain yang juga berbahaya dari gunung yang sedang meletus adalah aliran lumpur, abu, dan gas beracun. Selain itu, meletusnya gunung berapi juga akan mengakibatkan kebakaran hutan, gelombang tsunami, bahkan gempa bumi.

1. Status Gunung Berapi

Gunung berapi biasanya akan diberi status oleh para pengamat kegunungapian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana suatu gunung sedang berproses. Berikut beberapa status dari gunung berapi yang digunakan sebagai isyarat keadaan suatu gunung.

Status	Makna	Tindakan
AWAS	• Menandakan gunung berapi akan segera atau sedang meletus atau dalam keadaan kritis yang menimbulkan bencana. • Letusan pembukaan dimulai dengan keluarnya abu dan asap. • Letusan berpeluang terjadi dalam waktu 24 jam.	• Wilayah yang terancam bahaya direkomendasikan untuk dikosongkan. • Koordinasi dilakukan secara harian. • Diadakan piket penuh dan terus-menerus.
SIAGA	• Menandakan gunung berapi yang sedang bergerak menuju letusan. • Peningkatan intensif kegiatan seismik. • Semua data menunjukkan bahwa aktivitas dapat segera berlanjut ke letusan atau menuju pada keadaan yang dapat menimbulkan bencana. • Jika tren peningkatan berlanjut, letusan dapat terjadi dalam waktu 2 minggu.	• Sosialisasi di wilayah terancam. • Penyiapan sarana darurat. • Koordinasi harian. • Diadakan piket penuh dan terus-menerus.

WASPADA	• Gunung selalu melakukan aktivitas dalam bentuk apa pun. • Terdapat kenaikan aktivitas di atas level normal. • Peningkatan aktivitas vulkanis. • Sedikit perubahan aktivitas yang diakibatkan oleh aktivitas magma, tektonik, dan hidrotermal.	• Penyuluhan/ sosialisasi. • Penilaian bahaya. • Pengecekan sarana. • Pelaksanaan piket terbatas.
NORMAL	• Tidak ada gejala adanya aktivitas tekanan magma. • Level aktivitas masih pada posisi dasar.	• Pengamatan rutin. • Survei dan penyelidikan

2. Jenis-Jenis Gunung Berapi Berdasarkan Bentuknya

a. Satratovolcano

Gunung berapi ini tersusun dari beberapa jenis batuan hasil letusan yang tersusun secara berlapis-lapis. Jenis gunung berapi ini membentuk suatu kerucut besar (raksasa) dan terkadang bentuknya tidak beraturan. Hal ini dikarenakan adanya letusan yang terjadi beberapa ratus kali. Gunung Merapi di Yogyakarta termasuk gunung berapi jenis ini.

c. Perisai

Di Indonesia tidak ada gunung yang berbentuk perisai. Gunung api perisai contohnya Maona Loa Hawaii, Amerika Serikat. Gunung api perisai terjadi karena magma cair keluar dengan tekanan rendah tanpa adanya letusan. Lereng gunung yang terbentuk menjadi sangat landai.

d. Cinder Cone

Gunung jenis Cinder Cone merupakan gunung berapi yang abu dan pecahan kecil batuan vulkaniknya menyebar di sekeliling gunung. Sebagian besar gunung jenis ini membentuk mangkuk di puncaknya. Gunung jenis ini jarang yang mempunyai tinggi di atas 500 meter dari permukaan tanah sekitarnya.

e. Kaldera

Gunung berapi jenis ini terbentuk dari ledakan yang sangat kuat sehingga melempar ujung atas gunung dan membentuk cekungan. Gunung Bromo termasuk gunung jenis ini.

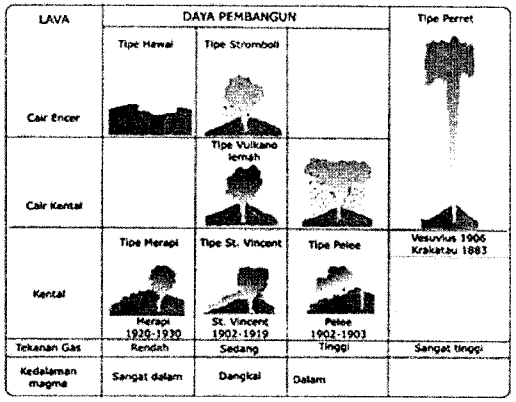
3. Klasifikasi Gunung Berapi di Indonesia

a. Tipe A, yaitu gunung berapi yang pernah mengalami erupsi magmatik sekurang-kurangnya satu kali sesudah tahun 1600.

b. Tipe B, yaitu gunung berapi yang sesudah tahun 1600 belum lagi mengadakan erupsi magmatik, namun masih memperlihatkan gejala kegiatan seperti kegiatan *solfatara*.
c. Tipe C, yaitu gunung berapi yang erupsinya tidak diketahui dalam sejarah manusia, namun masih terdapat tanda-tanda kegiatan masa lampau berupa lapangan *solfatara/fumarola* pada tingkah lemah.

B. Gunung Meletus

Letusan gunung api merupakan bagian dari aktivitas vulkanik yang dikenal dengan istilah "erupsi". Hampir semua kegiatan gunung api berkaitan dengan zona kegempaan aktif yang berhubungan dengan batas lempeng. Pada batas lempeng terjadi perubahan tekanan dan suhu yang sangat tinggi, sekitar 1.000 °C sehingga mampu melelehkan material sekitarnya membentuk cairan pijar (magma). Magma akan mengintrusi batuan atau tanah di sekitarnya melalui rekahan-rekahan mendekati permukaan bumi. Cairan magma yang keluar dari dalam bumi disebut lava. Suhu lava yang dikeluarkan dapat mencapai 700–1.200°C. Letusan gunung berapi yang membawa batu dan abu dapat menyembur sampai radius 18 km atau lebih, sedangkan lavanya dapat membanjiri sampai radius 90 km.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

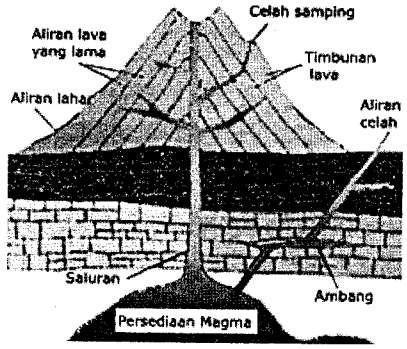
Gambar 4.2. Beberapa model letusan.

Setiap gunung api memiliki karakteristik tersendiri jika ditinjau dari jenis muntahan atau produk yang dihasilkannya. Akan tetapi, apa pun jenis produk tersebut kegiatan letusan gunung api tetap membawa bencana bagi kehidupan. Bahaya letusan gunung api memiliki risiko merusak dan mematikan.

1. Penyebab Gunung Meletus

Gunung api meletus akibat magma di dalam perut bumi yang didorong keluar oleh gas yang bertekanan tinggi atau karena gerakan lempeng bumi, tumpukan tekanan, dan panas cairan magma. Letusannya membawa abu dan batu yang menyembur dengan keras. Sedangkan lavanya dapat membanjiri daerah

sekitarnya. Gunung api bisa menimbulkan korban jiwa dan harta benda pada wilayah radius ribuan kilometer. Bahkan, letusan ini juga dapat mempengaruhi putaran iklim di bumi ini, seperti yang terjadi pada Gunung Pinatubo di Filipina dan Gunung Krakatau di Provinsi Banten, Indonesia.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 4.3. Jalur aliran lava dari perut ke permukaan bumi.

2. Ciri-Ciri Gunung Berapi Akan Meletus

Saat gunung berapi akan meletus, terdapat beberapa tanda alamiah di antaranya:

a. Suhu di sekitar gunung naik.
b. Mata air menjadi kering.
c. Sering mengeluarkan suara gemuruh, terkadang disertai getaran (gempa).
d. Tumbuhan di sekitar gunung layu.
e. Binatang di sekitar gunung bermigrasi.

Tanda-tanda ini menandakan intrusi magma yang terus mendesak ke permukaan. Apabila desakan ini cukup kuat, yang terjadi adalah letusan gunung berapi. Setelah terjadi letusan, gunung tersebut akan mengalami masa istirahat, tetapi aktivitas gunung masih berlangsung, sehingga suatu saat dapat mengeluarkan tanda-tanda aktif kembali.

Letusan Gunung Merapi yang kuat akan menghancurkan bagian atas kepundan (puncak) gunung. Puncak gunung yang kedap air ini kemudian membentuk sebuah danau vulkanik yang dapat untuk menampung air. Contoh danau vulkanik, antara lain danau di puncak Gunung Lokon di Sulawesi Utara dan Danau Kalimutu di Flores.

3. Bahaya Letusan Gunung Api

Letusan gunung berapi sangatlah berbahaya bagi makhluk hidup. Bahaya akan letusan gunung api ini dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu:

a. **Bahaya Utama (Primer)**
   1) Awan Panas

      Awan panas adalah hasil letusan yang mengalir bergulung seperti awan. Awan panas ini merupakan bahaya yang paling utama karena sampai saat ini tidak ada cara lain untuk menyelamatkan diri dari kejaran awan, kecuali melakukan evakuasi sebelum gunung

meletus. Di dalam gulungan ini terdapat batuan pijar yang panas dan material vulkanik padat dengan suhu lebih besar dari 600 °C. Awan panas mengalir turun dari puncak gunung dan akhir mengendap di dalam dan di sekitar sungai atau lembah.

Awan panas dapat mengakibatkan luka bakar pada tubuh yang terbuka seperti kepala, lengan, leher, atau kaki. Selain itu, awan panas juga dapat menyebabkan sesak napas. Awan panas merupakan campuran material letusan antara gas dan bebatuan (segala ukuran). Selain suhunya yang sangat tinggi, kecepatan lumpurnya pun sangat tinggi, yaitu lebih dari 90 km/jam (tergantung kemiringan lereng).

2) Lontaran Material (Pijar)

Lontaran material ini terjadi ketika letusan (magmatik) berlangsung. Jauh lontarannya sangat tergantung dari besarnya energi letusan, bisa mencapai ratusan meter. Selain suhunya tinggi (>200°C), ukuran materialnya pun besar dengan diameter lebih dari 10 cm sehingga mampu membakar sekaligus melukai, bahkan mematikan makhluk hidup. Lontaran material ini lazim juga disebut sebagai "bom vulkanik".

3) Hujan Abu Lebat

Hujan abu lebat terjadi ketika letusan gunung api sedang berlangsung. Material berukuran halus (abu dan pasir halus) yang diterbangkan angin dan jatuh sebagai hujan abu. Arah hujan abu ini tergantung dari arah angin. Karena ukurannya yang halus, material ini akan sangat berbahaya bagi pernapasan, mata, pencemaran air tanah, dan pengrusakan tumbuh-tumbuhan. Abu mengandung unsur-unsur kimia yang bersifat asam sehingga mampu mengakibatkan korosi terhadap seng dan mesin pesawat.

4) Lava

Lava merupakan magma yang mencapai permukaan. Sifat lava adalah *liquid* (cairan kental dan bersuhu tinggi, antara 700–1.200 °C). Karena cair, maka lava umumnya mengalir mengikuti lereng dan membakar apa saja yang dilaluinya. Bila lava sudah dingin, wujudnya menjadi batu (batuan beku) dan daerah yang dilaluinya akan menjadi ladang batu. Lava encer akan mengalir jauh dari sumbernya, sedangkan lava kental mengalir tidak jauh dari sumbernya.

5) Gas Beracun

Gas beracun muncul tidak selalu didahului oleh letusan gunung api sebab gas ini dapat keluar melalui rongga-rongga ataupun rekahan-rekahan yang terdapat di daerah gunung api. Gas utama yang biasanya muncul adalah CO_2, H_2S, HCl, SO_2, dan CO. Yang kerap menyebabkan kematian adalah gas CO_2. Beberapa gunung yang memiliki karakteristik letusan gas beracun adalah Gunung Api Tangkuban Perahu, Gunung Api Dieng, Gunung Cermai, dan Gunung Api Papandayan.

b. **Bahaya Ikutan (Sekunder)**

Bahaya ikutan dari meletusnya gunung api adalah bahaya yang terjadi setelah proses peletusan berlangsung.

1) Banjir Lahar

Bila suatu gunung api meletus, akan terjadi penumpukan material dalam berbagai ukuran di puncak dan lereng bagian atas. Pada saat musim hujan tiba, sebagian material tersebut akan terbawa oleh air hujan dan tercipta adonan lumpur turun ke lembah sebagai banjir bebatuan. Banjir batuan ini disebut banjir lahar.

2) Tsunami

Tsunami umumnya dapat terjadi pada gunung api pulau, di mana saat letusan terjadi material-material akan memberikan energi yang besar untuk mendorong air laut ke arah pantai sehingga terjadi gelombang tsunami. Makin besar volume material letusan, makin besar gelombang yang terangkat ke darat. Sebagai contoh kasus adalah letusan Gunung Krakatau tahun 1883.

C. Siap Menghadapi Gunung Meletus

Untuk memperkecil jumlah korban jiwa dan kerugian harta benda akibat letusan gunung berapi, kita perlu melakukan beberapa tindakan. Beberapa tindakan tersebut meliputi persiapan sebelum, saat terjadi, dan setelah terjadi.

1. Persiapan Sebelum Gunung Meletus

Berikut tindakan-tindakan yang sebaiknya kita lakukan sebelum gunung meletus.

a. Mengenali tanda-tanda bencana, karakter gunung api, dan ancaman-ancamannya.
b. Membuat peta ancaman, mengenali daerah ancaman, serta daerah aman.
c. Membuat sistem peringatan dini.

d. Mengembangkan radio komunitas untuk penyebarluasan informasi tentang status gunung berapi.
e. Mencermati dan memahami peta kawasan rawan gunung api yang diterbitkan oleh instansi berwenang.
f. Membuat perencanaan penanganan bencana.
g. Mempersiapkan jalur dan tempat pengungsian yang sudah dipersiapkan dengan bahan kebutuhan dasar (air, jamban, makanan, dan pertolongan pertama) jika diperlukan.
h. Mempersiapkan kebutuhan dasar dan dokumen penting.
i. Memantau informasi yang diberikan oleh pos pengamatan gunung api (dikoordinasi oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi). Pos pengamatan gunung api biasanya mempublikasikan perkembangan status gunung api melalui radio komunikasi.

2. Tindakan Saat Terjadi Letusan

Apakah yang harus kita lakukan saat gunung berapi meletus? Berikut beberapa tindakan yang harus kita lakukan saat terjadi letusan gunung berapi.

a. Hindari daerah rawan bencana seperti lereng gunung, lembah, aliran sungai kering, dan daerah aliran lahar.

b. Hindari tempat terbuka dan lindungi diri dari abu letusan.
c. Masuk ruang lindung darurat.
d. Siapkan diri untuk kemungkinan bencana susulan.
e. Kenakan pakaian yang dapat melindungi tubuh seperti baju lengan panjang, celana panjang, topi, dan lainnya
f. Melindungi mata dari debu. Bila ada, gunakan pelindung mata seperti kacamata renang atau apa pun yang dapat mencegah masuknya debu ke dalam mata.
g. Jangan memakai lensa kontak.
h. Pakai masker atau kain untuk menutupi mulut dan hidung.
i. Usahakan menutup wajah dengan kedua belah tangan saat abu gunung turun.

3. Tindakan Setelah Terjadi Letusan

Setelah gunung berapi meletus, beberapa tindakan yang harus kita lakukan adalah:

a. jauhi wilayah yang terkena hujan abu;
b. bersihkan atap dari timbunan abu karena beratnya dapat merusak atau meruntuhkan atap bangunan; dan
c. hindari mengendarai mobil di daerah yang terkena hujan abu sebab dapat merusak mesin motor, rem, persneling, dan pengapian.

D. Manfaat dan Kerugian Gunung Meletus

Peristiwa vulkanik, selain memberikan manfaat juga dapat menimbulkan kerugian harta benda maupun jiwa.

1. Keuntungan Adanya Peristiwa Vulkanik

Beberapa keuntungan yang kita peroleh:

a. Hasil-hasil peristiwa vulkanis seperti kawah, sumber air panas yang memancar, dan sumber air mineral dapat dijadikan sebagai objek wisata.
   Contoh:
   1) kawah Gunung Bromo;
   2) sumber air panas Yellowstone di Amerika Serikat;
   3) sumber air panas Pelabuhan Ratu di Cisolok;
   4) sumber air mineral Maribaya di Jawa Barat;
   5) sumber air mineral Baturaden di Jawa Tengah.

b. Dijadikan sebagai sumber energi panas bumi misalnya di Kamojang, Jawa Barat.

c. Tanah di sekitar gunung tersebut akan menjadi subur setelah beberapa tahun kemudian.

2. Kerugian Akibat Adanya Peristiwa Vulkanik

Kerugian yang kita alami terutama adalah berupa jiwa dan harta benda. Hal ini dikarenakan:

a. gempa bumi yang dapat ditimbulkannya dapat merusak bangunan,

b. timbulnya kebakaran hutan akibat aliran lava pijar, dan

c. tebaran abu yang sangat tebal dan meluas dapat merusak kesehatan, serta mengotori sarana yang ada.

E. Gunung Berapi di Indonesia

Negara Indonesia memang kaya akan gunung berapi. Lebih dari 30 buah gunung yang menyebar di seluruh penjuru nusantara masih aktif. Ini juga yang menyebabkan Indonesia berpotensi mengalami gempa vulkanik. Perhatikan peta-peta kedudukan gunung berapi di Indonesia berikut ini.

Sumber: http://upload.wikimedia.org

Gambar 4.4. Peta gunung yang ada di Indonesia.

Berikut beberapa gunung di Indonesia yang masih aktif atau pernah aktif, di antaranya:

1. Gunung Agung

Gunung Agung atau sering juga disebut Gunung Slamet merupakan gunung tertinggi di pulau Bali. Gunung ini mempunyai ketinggian 3.142 mdpl. Gunung yang terletak di Kabupaten Karang Asem, Bali ini termasuk tipe stratovolcano. Gunung ini memiliki kawah yang sangat besar dan dalam, yang terkadang mengeluarkan asap dan uap air. Dari puncak Gunung Agung, kita dapat melihat puncak Gunung Rinjani yang berada di pulau Lombok.

Sumber: http://upload.wikimedia.org

Gambar 4.5. Gunung Agung.

2. Gunung Bromo

Gunung Bromo mempunyai ketinggian 2.392 dan terletak di empat wilayah Jawa Timur, yaitu kabupaten Probolinggo, Pasuruan, Lumajang, dan kabupaten Malang. Gunung Bromo dijadikan sebagai objek wisata karena statusnya yang masih aktif hingga saat ini. Gunung yang setiap 30 tahun sekali meletus ini mempunyai sebuah kawah dengan diameter ± 8.000 m (utara-selatan) dan ± 600 m (timur-barat). Daerah bahaya yang ada di gunung ini berupa lingkaran dengan jari-jari 4 km dari pusat kawah.

Sumber: http://upload.wikimedia.org

Gambar 4.6. Gunung Bromo dari atas.

3. Gunung Galunggung

Gunung Galunggung merupakan gunung berapi dengan ketinggian 2.167 mdpl. Gunung ini terletak di pusat kota Tasikmalaya. Gunung ini juga dijadikan sebagai tempat wisata dengan menawarkan berbagai kelebihannya, seperti pemandian air panas (Cipanas) yang lengkap dengan fasilitas kolam renangnya. Gunung ini sudah meletus beberapa kali. Letusan terakhir terjadi pada tanggal 5 Mei 1982 dan menyebabkan 18 orang meninggal.

Sumber: http://mepow.files.wordpress.com

Gambar 4.7. Kawah gunung Galunggung.

4. Gunung Kelud

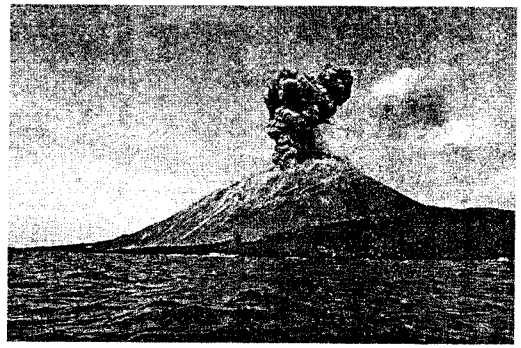
Gunung Kelud berada di perbatasan Kabupaten Kediri dan Blitar. Gunung yang masih aktif hingga saat ini sudah berulang kali menelan korban hingga ribuan orang setiap letusannya terjadi. Terakhir kali gunung ini menunjukkan aksinya yaitu pada tahun 1990. Pada tahun 2007 kemarin juga sempat memberikan tanda hendak meletus, namun tidak terjadi. Ia hanya mengeluarkan kubah lava dari tengah danau kawah dan terus berkembang hingga saat ini. Gunung Kelud juga dijadikan sebagai objek wisata oleh pemerintah daerah Kabupaten Kediri.

Sumber: http://id.wiki.detik.com

Gambar 4.8. Gunung Galunggung.

5. Gunung Krakatau

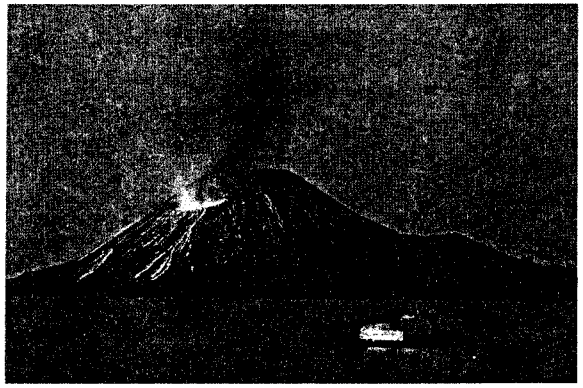
Gunung Krakatau yang berada di Selat Sunda, adalah salah satu gunung berapi yang masih aktif hingga saat ini. Gunung ini merupakan hasil letusan dari gunung Krakatau purba. Saat Gunung Krakatau purba meletus, hampir 3/4 tubuhnya hancur dan menyebabkan terpisahnya Pulau Jawa menjadi dua, yang kemudian membentuk Pulau Sumatra. Selama 10–20 tahun, dunia mengalami kegelapan karena asap hasil letusan tersebut menutupi atmosfer setebal 20–150 meter.



Sumber: http://www.wisatacarita.com

Gambar 4.9. Asap tebal dari Gunung Krakatau.

Pada tanggal 26 Agustus 1883, Gunung Krakatau baru kembali menunjukkan aksinya. Letusannya sangat dahsyat, bahkan dapat didengar hampir 1/8 penduduk dunia. Tsunami yang diakibatkannya menewaskan sekitar 36.000 jiwa. Letusan gunung ini menyebabkan perubahan iklim global. Dunia sempat gelap selama dua setengah hari akibat debu vulkanis yang menutupi atmosfer. Matahari bersinar redup sampai satu tahun berikutnya. Hamburan debu tampak di langit Norwegia hingga New York. Daya ledaknya diperkirakan mencapai 30.000 kali dari bom atom yang meledak di Nagasaki dan Hiroshima. Lontaran batu-batu besarnya sampai ke dataran Pulau Jawa dan Sumatra, bahkan ke Sri Lanka, India, Pakistan, Australia, dan Selandia Baru.



Sumber: http://maulanusantara.files.wordpress.com

Gambar 4.10. Lava pijar di Gunung Krakatau.

6. Gunung Merapi

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung berapi yang terletak di provinsi Jawa Tengah dan Yogyakarta. Gunung ini sampai sekarang masih sangat aktif. Sejak tahun 1548, gunung ini sudah meletus sebanyak 68 kali. Bagi penduduk setempat, gunung ini membawa berkah material pasir, sedangkan bagi pemerintah daerah, Gunung Merapi menjadi objek wisata bagi wisatawan. Kini, Merapi termasuk dalam kawasan Taman Nasional Gunung Merapi.

Sumber: http://id.wiki.detik.com

Gambar 4.11. Kubah Gunung Merapi.

Gunung Merapi termasuk gunung termuda dari kumpulan gunung berapi yang berada di selatan Pulau Jawa. Letusan-letusan kecil terjadi setiap 2–3 tahun dan letusan besar terjadi sekitar 10–15 tahun sekali. Letusan yang dampaknya sangat besar terjadi pada tahun 1006, 1786, 1822, 1872, dan 1930. Letusan besar tahun 1006 membuat seluruh bagian tengah Pulau Jawa diselubungi abu. Diperkirakan, letusan itulah yang menyebabkan kerajaan Mataram Kuno harus berpindah ke Jawa Timur.

Letusan pada tahun 1930 menghancurkan 13 desa dan menewaskan 1.400 jiwa. Sedangkan letusan pada November 1994 menyebabkan hembusan awan panas ke bawah hingga menjangkau beberapa desa dan memakan korban puluhan jiwa manusia.

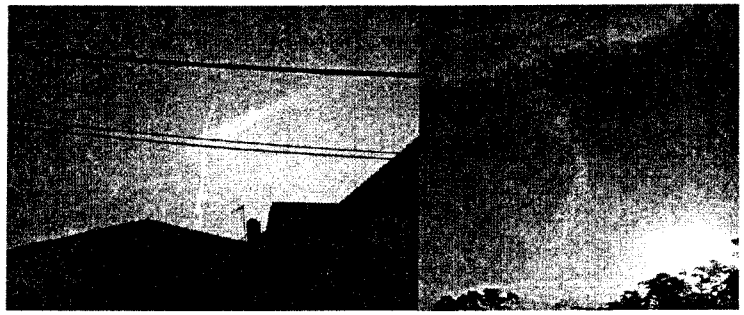
Selain gunung-gunung di atas, masih banyak lagi gunung berapi lain, misalnya Gunung Mahameru, Gunung Rinjani, Gunung Semeru, Gunung Tambora, dan lain sebagainya.

Bab 5

Tanda-Tanda Gempa

A. Awan Aneh sebelum Terjadi Gempa di Yogyakarta

Sebelum gempa melanda Kota Yogyakarta dan beberapa daerah di sekitarnya pada tanggal 17 Juli 2006, BMG Jepang telah memberitahukan bahwa pada tanggal 12 Juli 2006 terdapat awan lurus di Bantul. BMG Jepang memprediksi akan terjadi gempa besar yang berpotensi tsunami di daerah tersebut. Prediksi ini bukannya tidak berdasar. Jepang pernah mengalami kejadian tersebut beberapa hari sebelum gempa melanda Kota Kobe pada tanggal 17 Januari 1995.



Sumber: http://i80.photobucket.com

Gambar 5.1. Awan aneh yang tampak di daerah Bantul.

Namun, oleh BMG Indonesia prediksi tersebut dianggap sepele. Ternyata benar, pada tanggal 17 Juli 2006 gempa telah melanda Kota Yogyakarta. Meskipun tidak menimbulkan tsunami, namun gempa dengan kekuatan 5,9 SR ini sudah menelan ribuan korban jiwa dan ratusan ribu kerugian harta benda.

Yang menjadi pertanyaan sekarang, benarkah awan aneh memang sudah dapat dijadikan sebagai tanda bahwa akan terjadi gempa besar? Pada dasarnya, gempa tidak dapat kita prediksi secara pasti. Belum ada satu penelitian pun yang dapat dengan tepat memprediksi terjadinya suatu gempa. Oleh karena itu, bencana gempa sangat berbahaya bagi kehidupan manusia.

B. Fenomena Alam Pertanda Gempa

Meskipun tidak dapat diprediksi, sebenarnya ada beberapa fenomena alam yang patut untuk dicermati dan dapat dianggap sebagai tanda akan adanya gempa. Berikut ciri-ciri yang mungkin terjadi sesaat sebelum gempa terjadi.

1. Awan Tegak di Langit

Awan ini dapat juga berbentuk seperti angin tornado, seperti pohon atau seperti batang. Awan dengan bentuk aneh ini dapat terjadi karena adanya gelombang elektromagnetis berkekuatan hebat dari dasar bumi sehingga mampu menarik (mengisap) daya listrik di awan. Oleh karena itu, bentuk awan menjadi seperti tersedot ke bawah.

Sumber: http://johnherf.files.wordpress.com

Gambar 5.2. Awan aneh yang tampak di Kota Kobe.

Gelombang elektromagnetis berkekuatan besar itu sendiri terjadi akibat adanya patahan atau pergeseran lempeng bumi. Namun walaupun demikian, belum tentu jika ada awan seperti itu sudah dapat dipastikan akan terjadi gempa besar. Untuk mendeteksi lebih lanjut, coba lihat nomor 2 dan 3 berikut ini.

2. Uji Medan Magnet di dalam Rumah

Gempa yang terjadi di dasar bumi akan menimbulkan gelombang elektromagnetis. Jika gelombang ini sangat besar, ia akan sampai ke permukaan bumi. Sehingga, pada saat terjadi gempa bumi besar, sebenarnya di sekitar kita terdapat gelombang elektromagnetis yang sangat besar. Hanya saja, kita tidak dapat merasakan gelombang itu karena kita bukan sumber magnet. Oleh karena itu, untuk mengujinya kita membutuhkan sumber medan magnet. Sumber medan magnet di dalam rumah dapat berupa televisi, mesin fax, dan lampu neon. Langkah-langkah tersebut antara lain:

a. Coba nyalakanlah televisi. Apakah saat Anda menyalakannya, televisi tampak *brebet-brebet?*
b. Mintalah teman Anda untuk mengirim fax pada Anda. Apakah hasil fax yang Anda terima tampak berantakan?

c. Coba Anda putus aliran listrik pada neon. Apakah lampu neon tetap menyala meskipun tanpa aliran listrik?

Jika siaran pada televisi menjadi *brebet-brebet*, hasil fax tampak berantakan, dan lampu neon tetap menyala meskipun tidak ada aliran listrik, sudah dapat dipastikan bahwa di sekitar Anda memang terdapat gelombang eletromagnetis yang sangat besar. Gelombang magnetis akan mengganggu mekanisme semua peralatan elektronik Anda.

1. Perhatikan Hewan-Hewan di Sekitar Anda

Hewan memiliki insting yang tajam. Hewan dapat merasakan gelombang magnetis yang ada di sekitarnya. Oleh karena itu, amatilah perilaku mereka. Jika mereka seperti "menghilang" atau "gelisah" dan bertingkah laku aneh, sudah dapat dipastikan bahwa memang ada sesuatu yang dirasakan hewan tersebut.

Jika ketiga ciri tersebut ada atau terlihat secara bersamaan, segeralah bersiap-siap untuk evakuasi. Tiga ciri tersebut kemungkinan besar menunjukkan bahwa memang akan terjadi gempa dengan kekuatan besar.

Meskipun tanda-tanda akan terjadinya gempa sudah dapat dideteksi, bukan berarti kita dapat secara pasti menentukan kapan gempa tersebut benar-benar terjadi. Awan yang terlihat di Kota Kobe terlihat 8 hari sebelum gempa. Namun, awan di Nigawa terlihat hanya 4 jam sebelum gempa terjadi. Oleh karena itu, jangan tunggu lama-lama lagi. Lakukan tindakan penyelamatan diri untuk menghindari hal-hal yang tidak kita inginkan.

Bab 6

Mengukur Gempa

Mengukur kekuatan gempa dapat menggunakan pendekatan *kuantitatif* dan *kualitatif*. Berdasarkan pendekatannya, skala pengukuran gempa dapat dibagi menjadi dua, yaitu *magnitudo* (*magnitude*) yang merupakan skala kuantitatif dan *intensitas* (*intensity*) yang merupakan skala kualitatif.

A. Magnitudo

Magnitudo dilakukan untuk mengukur gempa berdasarkan energi yang dilepaskan dari sumber gempa. Ada bermacam-macam jenis magnitudo gempa, di antaranya adalah:

1. Magnitudo *lokal* M_L (*local magnitude*).
2. Magnitudo *gelombang badan* M_B (*body-wave magnitude*).
3. Magnitudo *gelombang permukaan* M_S (*surface-wave magnitude*).
4. Magnitudo *momen* M_W (*moment magnitude*).
5. Magnitudo *gabungan M* (*unified magnitude*).

Dari kelima jenis magnitude di atas, yang paling popular digunakan adalah magnitudo lokal M_L, yaitu *Magnitudo Skala Richter (SR)*. Magnitudo ini dikembangkan pertama kali pada tahun 1935 oleh seorang seismologis Amerika, Charles F. Richter, untuk mengukur kekuatan gempa di California. Richter mengukur magnitudo gempa berdasarkan nilai amplitudo maksimum gerakan tanah (gelombang) pada jarak 100 km dari *episenter* gempa. Besarnya gelombang ini tercatat pada *seismograf*. *Seismograf* dapat mendeteksi gerakan tanah mulai dari 0,00001 mm ($1x10^{-5}$ mm) hingga 1 m. Untuk menyederhanakan rentang angka yang terlalu besar dalam skala ini, Richter kemudian menggunakan bilangan logaritma berbasis

10. Ini berarti, setiap kenaikan 1 angka pada skala Richter menunjukkan amplitudo 10 kali lebih besar.

Magnitudo 5 SR sudah termasuk besar. Magnitudo sebesar 6 SR sudah mampu membuat kerusakan yang sangat parah. Meskipun nilai dalam SR tidak memiliki batas maksimum, para ahli seismologi menyatakan bahwa lempeng bumi ini tidak memiliki cukup simpanan energi untuk menghasilkan magnitudo gempa sebesar 10 SR. Diperkirakan bahwa magnitudo sebesar 12 SR akan melepaskan energi yang cukup untuk membuat bumi kita ini terbelah menjadi dua.

B. Intensitas

Dahulu, sebelum manusia mampu mengukur magnitudo gempa, besarnya gempa hanya dinyatakan berdasarkan efek yang diberikan terhadap manusia, alam, struktur bangunan buatan manusia, dan reaksi hewan. Besarnya gempa yang ditentukan melalui observasi semacam ini dinamakan dengan intensitas gempa. Skala intensitas pertama kali diperkenalkan pada tahun 1883 oleh seorang seismologis Italia, M.S. Rossi dan ilmuwan Swiss, F. A. Forel yang dikenal dengan skala *Rossi-Forel*. Skala ini kemudian dikembangkan lagi pada tahun 1902 oleh seorang seismologis Itali, Giuseppe Mercalli. Selanjutnya, pada tahun 1931, seismologis Amerika,

H. O. Wood dan Frank Neuman mengadaptasi standar yang telah ditetapkan Mercalli untuk kondisi di California, dan menghasilkan skala *Modified Mercalli Intensity (MMI)*. Selain MMI ada beberapa skala intensitas gempa yang lain, seperti:

1. *Japan Meteorological Agency (JMA)*, ditemukan tahun 1951, hingga kini digunakan untuk mengukur kekuatan gempa di Jepang.
2. *Medvedev, Sponheuer, Karnik (MSK)*, ditemukan tahun 1960-an.
3. *European Microseismic Scale (EMS)*, ditemukan tahun 1990-an.

Karena sifatnya yang kualitatif, skala intensitas sangat subjektif dan sangat tergantung pada kondisi lokasi di mana gempa terjadi. Gempa dengan magnitudo yang sama, namun terjadi di dua tempat yang berbeda mungkin akan memberikan nilai intensitas yang berbeda.

C. Perbandingan Skala Richter dan MMI

Dalam skala magnitudo dan skala intensitas dapat dibuat kesetaraannya. Berikut contoh perbandingan skala Richter dan MMI.

1. Skala MMI

Skala MMI	Artinya
I	Gempa tidak terasa.
II	Sangat sedikit orang yang merasakan gempa.
III	Cukup banyak orang yang merasakan gempa, namun tidak menyadari sebagai gempa.
IV	Di dalam ruangan, gempa cukup terasa seperti ada truk yang menabrak gedung.
V	Gempa terasa oleh hampir setiap orang. Orang yang tidur akan terjaga, pohon berayun, tiang bergoyang.
VI	Gempa dirasakan oleh semua orang hingga orang-orang berlarian keluar ruangan, perabotan bergerak, kerusakan ringan terjadi.
VII	Semua orang berlari keluar ruangan dan bangunan-bangunan berstruktur lemah rusak. Kerusakan ringan terjadi di mana-mana.
VIII	Bangunan-bangunan berstruktur terencana rusak, bahkan sebagian runtuh.
IX	Seluruh gedung mengalami kerusakan cukup parah, banyak yang bergeser dari fondasinya atau tanah mengalami keretakan.
X	Sebagian besar struktur bangunan rusak parah dan tanah mengalami keretakan besar.

XI	Hampir seluruh struktur bangunan runtuh, jembatan patah, dan retakan pada tanah sangat lebar.
XII	Terjadi kerusakan total, gelombang gempa terlihat jelas di tanah, dan objek-objek berhamburan.

2. Skala Richter

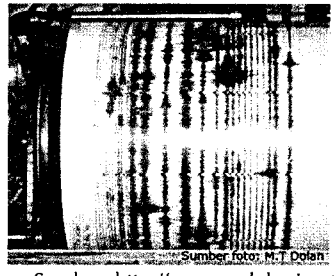
Skala Richter	Akibatnya
2,5 SR	Secara umum gempa tidak terasa, tetapi tercatat pada *seismograf*.
3,5 SR	Gempa dirasakan oleh banyak orang.
4,5 SR	Dapat terjadi kerusakan lokal.
6,0 SR	Menimbulkan kerusakan hebat.
7,5 SR	Gempa berkekuatan besar.
8,0 SR ke atas	Gempa yang sangat dahsyat.

Untuk gempa berkekuatan besar, saat ini para ilmuwan lebih sering menggunakan magnitudo momen M_w sebagai revisi terhadap magnitudo Richter. Magnitudo momen dikembangkan pada tahun 1979 oleh seismologis Amerika, Tom Hanks dan Hiroo Kanamori. Berbeda dengan magnitudo Richter yang

hanya memperhitungkan amplitudo lokal, magnitudo momen menghitung kekuatan gempa berdasarkan *momen seismik* (*seismic moment*). Momen seismik menghitung jumlah energi yang dilepaskan oleh gempa dengan memperhitungkan perpindahan yang terjadi dalam slip di sepanjang sesar dan luas permukaan sesar yang mengalami slip. Magnitudo momen tidak cocok digunakan untuk gempa berskala kecil karena perpindahan dalam slip relatif kecil atau kurang signifikan.

D. *Seismograf*

Seismograf adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk merekam, mengukur, dan mencatat tinggi rendahnya getaran gempa. Pada prinsipnya, alat ini terdiri dari gantungan pemberat dan ujung lancip seperti pensil. Dari ujungnya inilah *seismograf* menggambarkan getaran yang sedang terjadi dalam lempeng bumi. Hasil rekaman dari alat ini disebut dengan seismogram.

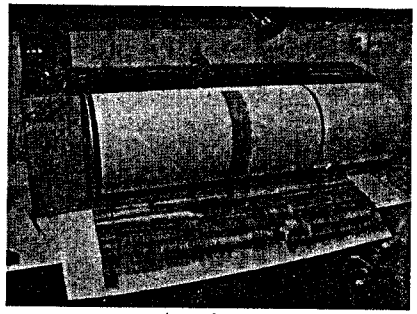


Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 6.1. *Seismograf.*

Seismograf memiliki instrumen sensitif yang dapat mendeteksi gelombang seismik yang dihasilkan oleh gempa bumi. Gelombang yang terjadi selama

gempa, tergambar sebagai garis-garis bergelombang pada seismogram. Selanjutnya, seismologist mengukur garis-garis tersebut dan menghitung besarnya gempa.



Sumber: http://stoedio9.com

Gambar 6.2. *Seismogram.*

Sebelum mengenal *seismograf*, gempa bumi hanya diukur dengan instrumen yang bernama *seismokop*. *Seismokop* adalah peralatan perekam gempa yang paling primitif. *Seismokop* terdiri dari sebuah kontainer sederhana berisi air atau air raksa. Ketika terjadi gempa, cairan tersebut akan bergerak naik-turun akibat getaran gempa yang terjadi.

Terobosan besar untuk pengukuran gempa bumi datang pada tahun 1920, ketika dua ilmuwan Amerika mengembangkan alat yang disebut *Wood-Anderson seismograf*. Alat ini lebih sensitif dibandingkan *seismograf* yang ada pada masa itu, sehingga langsung banyak digunakan di seluruh dunia dan menjadi cikal bakal *seismograf* yang sekarang ada dan berkembang. Saat ini, *seismograf* banyak digunakan oleh seismologist dalam mempelajari sesar dan gempa bumi.

Bab 7

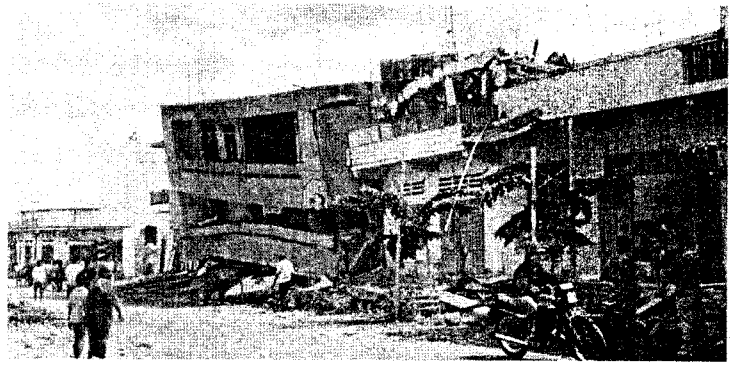
Gempa Bersejarah

Menurut data dari USGS (*United States Geological Survey*), magnitudo momen gempa di Aceh (26 Desember 2004) sebesar 9,0 SR. Sedangkan gempa di Yogyakarta (27 Mei 2006) 6,3 SR, Pangandaran (17 Juli 2006) sebesar 7,7 SR, dan yang baru-baru ini terjadi gempa di Padang (30 September 2009) sebesar 7,6 SR. Hingga saat ini, gempa terbesar yang tercatat sepanjang sejarah dunia adalah 9,5 magnitudo momen, yaitu gempa di Chili yang terjadi pada

tanggal 22 Mei 1960. Gempa ini juga menimbulkan tsunami dan aktivitas gunung berapi. Apabila dilihat pada peta bumi, wilayah negeri Chili memang seluruhnya adalah pantai. Posisinya tepat berada di perbatasan antara lempeng tektonik Naska dan Amerika Selatan. Kedua lempeng ini pun bersifat konvergen, di mana lempeng Samudra Naska adalah yang menghunjam ke bawah lempeng benua Amerika Selatan sehingga menjorok sedikit dari pantai. Di sepanjang wilayah Chili ini, juga terdapat deretan gunung berapi. Nah, dapat dibayangkan, bagaimana dahsyatnya efek gempa saat itu. Bahkan tsunami yang terjadi akibat gempa tersebut mencapai pantai Jepang 22 jam setelah gempa terjadi.

A. Gempa di Maumere (6,8 SR)

Pada tanggal 12 Desember 1992, merupakan hari yang tidak akan pernah dilupakan oleh masyarakat Meumere. Pada hari itu terjadi gempa besar yang mengakibatkan ribuan orang meninggal dunia. Gempa dengan kekuatan 6,8 Skala Richter ini mampu meluluhlantakkan Kota Maumere.



Sumber: http://portal.vsi.esdm.go.id

Gambar 7.1. Kerusakan bangunan di Kota Maumere akibat gempa.

B. Gempa di Gorontalo (7,7 SR)

Gempa dahsyat berjenis tektonik dengan kekuatan 7,7 Skala Richter (SR) mengguncang Kota Gorontalo pada Senin dini hari pukul 01.00 (WITA). Menurut data dan keterangan yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), gempa yang mengguncang

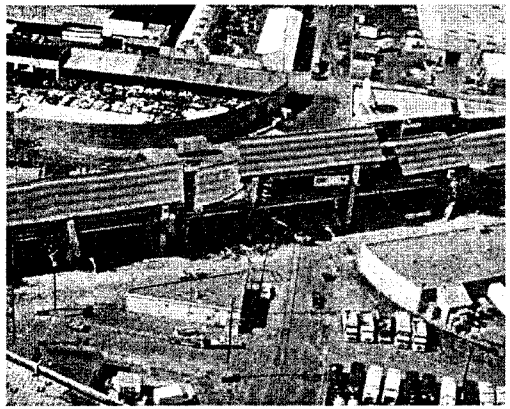
Sumber: http://www.swaraberita.com

Gambar 7.2. Tanah di Gorontalo yang membelah karena gempa.

Gorontalo terjadi tepatnya di 1,41 derajat LU, 122,18 derajat BT, dengan kedalaman sekitar 10 kilometer. Pusat gempa ini berada di 138 kilometer barat laut Gorontalo atau di Kecamatan Sumalata Kabupaten Gorontalo Utara. Gempa ini berpotensi mengakibatkan tsunami.

C. Gempa di San Francisco (6,9 SR)

Pada tanggal 17 Oktober 1989, sebuah gempa kuat mengguncang Kota San Francisco, Amerika Serikat. Pusat gempa yang berkekuatan 6,9 SR ini berada di Loma Prieta, 10 mil di utara Santa Cruz, yang terletak di patahan San Andreas. Getaran akibat gempa sangat kuat dan terasa hingga ke Kota Los Angeles yang berjarak 400 kilometer.



Sumber: http://upload.wikimedia.org

Gambar 7.3. Kerusakan di Loma Prieta pada gempa 1989.

Pada tanggal 18 April 1906, sekitar pukul 05.12 waktu setempat, gempa melanda kota ini lagi. Kali ini, gempa mempunyai kekuatan 7,8 SR. Sekitar 3.000 orang meninggal dunia akibat gempa ini. Gempa dengan pusat masih di patahan San Andreas ini mengakibatkan adanya kebakaran di mana-mana.

D. Gempa di Aceh (9,1 SR)

Pada tanggal 26 Desember 2004, Aceh mengalami gempa maha dahsyat. Dengan kekuatan 9,1 Skala Richter, gempa mampu meluluhlantakkan Kota Aceh dan menyapunya dengan tsunami. Ratusan ribu jiwa menjadi korban dalam bencana ini.

Sumber: http://www.kagakribet.com

Gambar 7.4. Kondisi salah satu rumah di Aceh pasca gempa 2004.

Sumber: http://upload.wikimedia.org

Gambar 7.5. Kondisi jalanan di tengah kota Aceh pasca gempa 2004.

E. Gempa di Yogyakarta (5,9 SR)

Sumber: http://ciptakarya.pu.go.id

Gambar 7.6. Kondisi rumah pasca gempa di Yogyakarta.

Gempa tektonik juga melanda Kota Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006 kurang lebih pukul 05.55 WIB. Gempa dengan kekuatan 5,9 Skala Richter ini berlangsungselama 57 detik. Gempa ini mengakibatkan banyak rumah dan gedung perkantoran yang roboh, rusaknya instalansi listrik, dan komunikasi.

Bandara Adisucipto pun tidak luput dari bencana ini. Untuk beberapa hari, bandara nasional ini sempat ditutup sementara karena adanya gangguan komunikasi dan kerusakan bangunan serta retaknya pada landas pacu.

F. Gempa di Padang, Sumatra Barat (7,9 SR)

Pada tanggal 30 September 2009 pukul 17.16 WIB, kota Padang dilanda gempa. Sejumlah warga yang berada di gedung-gedung panik dan berhamburan keluar. Tidak berapa lama, rumah-rumah di sepanjang jalan rusak, gedung-gedung bertingkat roboh, bahkan ada juga yang terbakar.

Sumber: http://3.bp.blogspot.com dan http://blog.jagowisata.com

Gambar 7.7. Kondisi rumah pasca gempa di Padang.

Sumber: http://www.nahimunkar.com

Gambar 7.8. Kebakaran rumah pasca gempa di Padang.

Padang yang merupakan ibu kota Sumatra Barat memang berada di lokasi yang cukup rawan gempa (wilayah cincin api), di mana lempeng Indo-Australia bertumbukan dengan lempeng Eurasia. Kondisi inilah yang menyebabkan daerah ini sering dilanda gempa. Hotel Ambacang, hotel berbintang tiga yang terletak di pusat kota Padang pun ambruk dan rusak parah. Dan, sampai saat ini, masih banyak korban yang tertimbun di sana.

Sumber: http://2.bp.blogspot.com dan http://blog.jagowisata.com

Gambar 7.9. Kondisi hotel ambacang sebelum dan sesudah gempa di Padang.

Gempa dengan kekuatan 7,9 SR ini terjadi pukul 17.16 WIB saat semua orang sedang melakukan aktivitasnya. Sesaat setelah terjadinya gempa, Badan Meterorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mengumumkan bahwa gempa tersebut berkekuatan 7,6 SR. "Namun, setelah adanya proses *updating* dan bertambahnya data-data yang masuk, dapat disimpulkan bahwa gempa yang terjadi kemarin berkekuatan 7,9 SR," ujar koordinator BMKG Sumbar, M. Taufik Gunawan. Hal ini senada dengan yang dirilis The United States Geological Survey (USGS) bahwa gempa Sumbar berkekuatan 7,9 SR. Informasi terakhir menyebutkan bahwa seluruh rumah di Padang Pariaman rusak parah dan hancur total. Gempa di Padang ini mengingatkan kita pada gempa yang terjadi di Aceh.

G. Gempa di Jambi (7,0 SR)

Belum habis usaha pemerintah untuk melakukan evakuasi dan pendataan jumlah korban tewas di Padang yang telah mencapai ratusan orang, gempa kembali terjadi di Jambi, Bengkulu.

Gempa bumi berkekuatan 7 skala Richter ini mengguncang Jambi tanggal 1 Oktober 2009, satu hari setelah gempa Padang terjadi. Gempa yang terjadi pukul 08.52 WIB ini bertitik pusat di 54 km Muko-muko, Bengkulu dengan kedalaman 10 km.

Ini merupakan gempa terbesar kedua di Sumatra selama 24 jam terakhir. Lebih dari 500 rumah ambruk dan rusak di 16 desa di Kecamatan Gunung Raya, Kabupaten Kerinci. Sampai buku ini ditulis, masih dilakukan evakuasi sehingga banyaknya korban masih belum dapat dipastikan. Kebanyakan koran, dikarenakan tertimpa beton-beton bangunan besar. Oleh karena itu, dibutuhkan alat berat untuk menyingkirkan bongkahan tembok dan beton bangunan tersebut.

H. Gempa Bumi Besar pada Abad ke-20 dan 21

Sepanjang abad XX dan XXI, sudah terjadi beberapa kali gempa besar di seluruh dunia. Gempa-gempa ini banyak memakan korban jiwa dan harta. Berikut catatan beberapa gempa yang terjadi sepanjang abad tersebut.

No.	Tanggal	Tempat	Keterangan
1	1 Oktober 2009	Jambi, Bengkulu	Gempa dengan kekuatan 7,0 skala Richer ini terjadi satu hari setelah adanya gempa Padang.

2	30 September 2009	Padang, Pariaman, Sumatra Barat	Gempa dengan kekuatan 7,9 SR ini telah menewaskan lebih dari 800 orang.
3	7 September 2009	Wonosari, Yogyakarta	Gempa dengan kekuatan 6,8 SR terjadi lima hari setelah gempa Tasikmalaya.
4	2 September 2009	Tasikmalaya	Gempa dengan kekuatan 7,3 ini terasa hingga Jakarta dan Bali. Gempa ini berpotensi tsunami, meskipun beberapa jam kemudian, status tersebut dicabut.
5	12 September 2007	Bengkulu	Gempa ini berkekuatan 7,9 SR.
6	6 Maret 2007	Sumatera Barat	Laporan terakhir menyatakan bahwa terdapat 79 orang tewas karena gempa ini.

7	27 Mei 2006	DIY dan Jawa Tengah	Gempa tektonik yang terjadi sekitar pukul 05.55 WIB selama 57 detik ini berkekuatan 5,9 pada skala Richter. United States Geological Survey melaporkan 6,2 pada skala Richter dan lebih dari 6.000 orang tewas serta lebih dari 300.000 keluarga kehilangan tempat tinggal.
8	8 Oktober 2005	Asia Selatan	Gempa besar ini berpusat di Kashmir, Pakistan. Gempa dengan kekuatan 7,6 SR ini menewaskan lebih dari 1.500 orang.

9	26 Desember 2004	Aceh dan Sumatera Utara	Gempa bumi dahsyat berkekuatan 9,1 Skala Richter ini menimbulkan gelombang tsunami di Samudra Hindia. Ribuan orang menjadi korban.
10	26 Desember 2004	Bam, barat daya Iran	Gempa dengan kekuatan 6.5 skala Richter ini menyebabkan lebih dari 41.000 orang tewas.
11	21 Mei 2002	Utara Afganistan	Gempa dengan kekuatan 5,8 skala Richter ini menyebabkan lebih dari 1.000 orang tewas.
12	26 Januari 2001	India	Gempa dengan kekuatan 7,9 skala Richter ini menewaskan 2.500. Sumber lain menyatakan korban meninggal mencapai 13.000 orang.

13	21 September 1999	Taiwan	Gempa berukuran 7,6 pada skala Richter ini menyebabkan 2.400 orang tewas.
14	17 Agustus 1999	Barat Turki	Gempa ini berukuran 7,4 pada skala Richter dan merenggut 17.000 nyawa.
15	25 Januari 1999	Barat Colombia	Gempa ini memiliki magnitudo 6 dan merenggut 1.171 nyawa.
16	30 Mei 1998	Utara Afganistan dan Tajikistan	Gempa dengan ukuran 6,9 skala Richter ini menyebabkan sekitar 5.000 orang tewas.
17	17 Januari 1995	Kobe, Jepang	Gempa dengan kekuatan 7,2 skala Richter ini merenggut 6.000 nyawa.
18	30 September 1993	Latur, India	Gempa dengan kekuatan 6,0 skala Richter ini menewaskan 1.000 orang.

19	12 Desember 1992	Flores, Indonesia	Gempa dengan kekuatan 7,9 skala Richter ini menewaskan 2.500 orang.
20	21 Juni 1990	Barat laut Iran	Gempa berukuran 7,3 skala Richter ini merengut 50.000 nyawa.
21	7 Desember 1988	Barat laut Armenia	Gempa dengan ukuran 6,9 pada skala Richter ini menyebabkan 25.000 kematian.
22	19 September 1985	Mexico Tengah	Gempa dengan ukuran 8,1 pada skala Richter merenggut lebih dari 9.500 nyawa.
23	16 September 1978	Timur laut Iran	gempa dengan kekuatan 7,7 pada skala Richter ini menyebabkan 25.000 kematian.

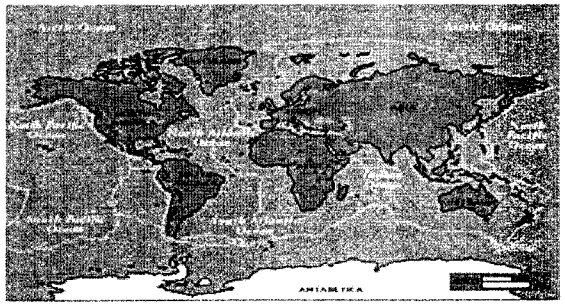
24	4 Maret 1977	Vrancea, timur Rumania	Gempa dengan kekuatan 7,4 SR ini menelan sekitar 1.570 korban jiwa, di antaranya seorang aktor Rumania Toma Caragiu. Selain itu, juga menghancurkan sebagian besar dari ibu kota Rumania, Bukares (Bucureşti).
25	28 Juli 1976	Tangshan, China	Gempa dengan ukuran 7,8 pada skala Richter ini menyebabkan 240.000 orang terbunuh.
26	4 Februari 1976	Guatemala	Gempa berukuran 7,5 pada skala Richter menyebabkan 22.778 meninggal.

27	29 Februari 1960	Barat daya pesisir pantai Atlantik, Maghribi	Gempa dengan ukuran 5,7 skala Richter menyebabkan kira-kira 12.000 orang meninggal dan memusnahkan seluruh kota Agadir.
28	26 Desember 1939	Wilayah Erzincan, Turki	Gempa dengan ukuran 7,9 SR ini menyebabkan 33.000 orang tewas.
29	24 Januari 1939	Chillan, Chile	Gempa dengan ukuran 8,3 pada skala Richter ini menyebabkan 28.000 orang tewas.
30	31 Mei 1935	Quetta, India	Gempa berkekuatan 7,5 skala Richter mampu menewaskan 50.000 orang.
31	1 September 1923	Yokohama, Jepang	Gempa dengan ukuran 8,3 skala Richter ini merenggut sedikitnya 140.000 nyawa.

I. Indonesia Rawan Gempa

Zona gempa dunia terbagi atas dua jalur, yaitu Jalur Circum Pasifik dan Jalur Mediteranian. Jalur Circum Pasifik adalah jalur wilayah di mana banyak terjadi gempa-gempa dalam dan juga gempa-gempa besar yang dangkal. Jalur ini terbentang mulai dari Sulawesi, Filipina , Jepang, dan kepulauan Hawai.

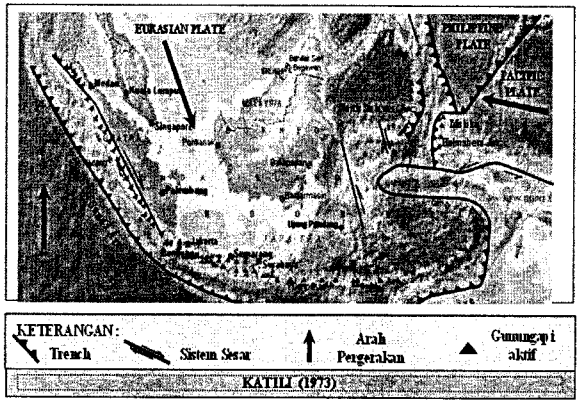
Jalur Mediteranian adalah jalur wilayah di mana banyak terjadi gempa-gempa besar yang membentang dari benua Amerika, Eropa ,Timur Tengah, India, Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara. Pada jalur inilah sering terjadi gempa-gempa tektonik dan juga vulkanik seperti pada gambar di bawah ini.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 7.10. Zona gempa di dunia.

Sedangkan zona gempa di Indonesia dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 7.11. Zona gempa di Indonesia.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kepulauan Indonesia merupakan daerah rawan gempa tektonik karena dilewati jalur gempa Mediteranian dan Circum Pasifik.

Bab 8

Dampak Gempa

Gempa mempunyai dampak yang sangat besar bagi makhluk atau lingkungan yang mengalaminya. Berbagai kerusakan terjadi di mana-mana. Kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain kekuatan gempa, letak hiposentrum, struktur tanah, dan struktur bangunan. Semakin dekat jarak episentrum dan hiposentrum dari permukaan bumi, semakin dahsyat dampak yang ditimbulkannya.

A. Dampak Gempa Vulkanik

Seperti yang sudah dibahas pada bab 4 bahwa gempa yang diakibatkan adanya gunung meletus dapat menimbulkan dua jenis bahaya, yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder. Kedua jenis bahaya ini sama akan berdampak buruk bagi kehidupan. Berikut beberapa dampak yang mungkin terjadi setelah adanya gunung meletus.

1. Dampak adanya lava, lahar, dan lontaran material
   a. Banyak korban jiwa karena terkena lava atau terseret lahar.
   b. Adanya kerusakan areal sawah di sekitar gunung.
   c. Desa di sekitar gunung terendam lahar.
   d. Adanya kebakaran hutan di sekitar gunung.
2. Dampak adanya abu letusan
   a. Timbulnya permasalahan pernapasan.
   b. Timbulnya kesulitan penglihatan.
   c. Adanya pencemaran sumber air bersih.
   d. Adanya badai listrik.
   e. Adanya gangguan kerja mesin dan kendaraan bermotor.
   f. Terjadi kerusakan pada atap-atap rumah .
   g. Rusaknya lingkungan sekitar gunung.
   h. Adanya kerusakan infrastruktur, seperti jalan dan bandara udara.

B. Dampak Gempa Tektonik

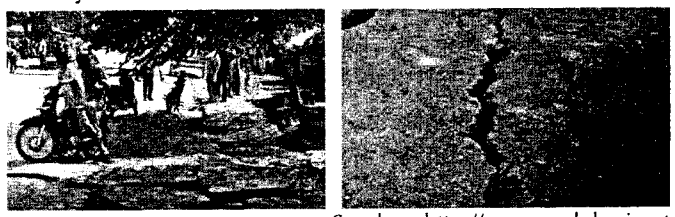
Gempa tektonik adalah tipe gempa yang sering membahayakan jiwa dan raga manusia. Selain itu, harta benda juga tidak luput dari bencana ini. Dampak gempa tektonik yang berbahaya ini dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu dampak primer dan dampak sekunder.

1. Dampak Primer

Dampak primer yaitu dampak yang diakibatkan oleh getaran gempa itu sendiri. Jika getaran gempa cukup besar saat sampai ke permukaan bumi maka akan merusak bangunan dan infra struktur lainnya seperti jalan dan jembatan, rel kereta api, bendungan, dan lain-lain. Banyaknya bangunan yang rusak (roboh) ini juga akan menimbulkan korban jiwa dan kerugian harta benda.

Secara singkat, dampak primer dari gempa bumi tektonik ini adalah:

a. Dapat merusak bangunan dan infrastruktur lainnya.

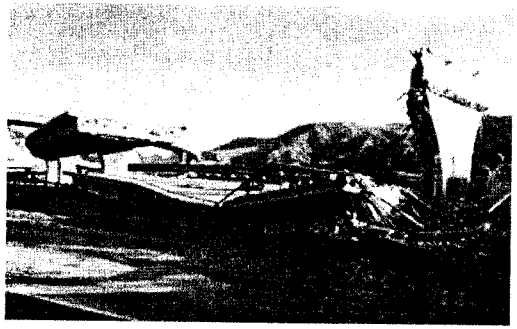


Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 8.1. Tanah yang retak akibat gempa.

Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 8.2. Jalan kereta api yang menghubungkan Kobe dan Osaka rusak akibat gempa.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 8.3. Jalan tol di Los Angeles yang roboh karena gempa.

b. Banyak orang yang tewas karena keruntuhan bangunan rumahnya sendiri.

Sumber: http://1.bp.blogspot.com

Gambar 8.4. Korban-korban gempa bumi.

c. Banyak orang kehilangan harta bendanya yang ikut tertimbun dalam reruntuhan bangunan.

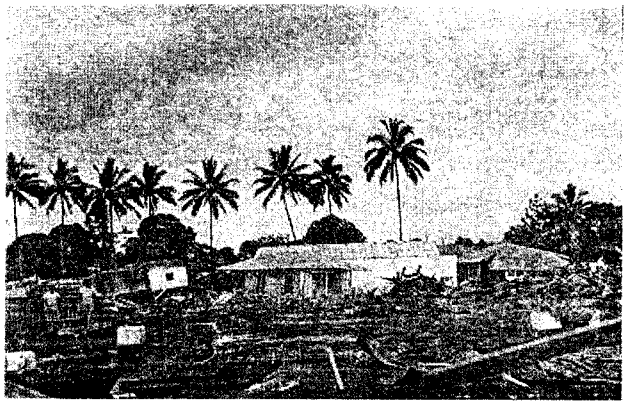
Sumber: http://trendmarching.or.id

Gambar 8.5. Rumah penduduk yang roboh karena gempa.

2. Dampak Sekunder

Dampak sekunder yaitu dampak lain yang dipacu adanya gempa, misalnya terjadinya tsunami, tanah longsor, tanah yang menjadi cairan kental (*liquefaction*), terjadi kebakaran, penyakit yang menyebar, dan sebagainya. Dampak sekunder ini sangat bervariasi dan biasanya terjadi secara berturut-turut setelah terjadi gempa.

Dampak tsunami pernah terjadi di Aceh sesaat setelah terjadinya gempa berkekuatan 9,1 SR. Gempa yang dilanjutkan dengan tsunami ini menelan ribuan korban jiwa dan harta benda.

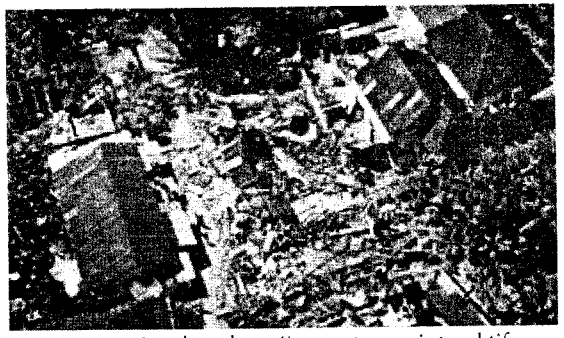


Sumber: http://hallz.50megs.com

Gambar 8.6. Kondisi rumah setelah dilanda tsunami di Aceh.

Gempa di Padang yang terjadi baru-baru ini juga mengakibatkan tanah di sekitar Desa Pariaman

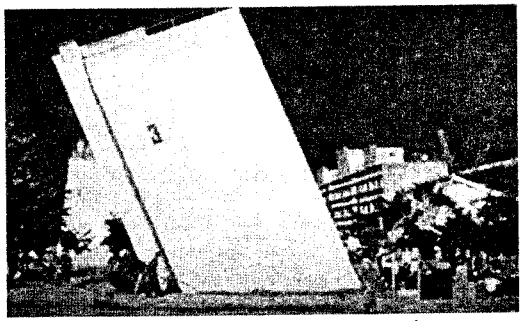
menjadi longsor sehingga tiga dusun yang berada di bawahnya rata dengan tanah. Dari banyaknya bangunan rumah yang ada hanya tersisa beberapa rumah yang masih berdiri.



Sumber: http://www.tempointeraktif.com

Gambar 8.7. Kondisi sebuah desa di Padang setelah gempa.

Fenomena tanah menjadi seperti cairan kental (*liquefaction*) sesaat setelah terjadi gempa pernah terjadi di Jepang pada tahun 1964.



Sumber: Dr. Walt Brown.Copyright © 1995–2006, Center for Scientific Creation. All rights reserved.

Gambar 8.8. Gedung tenggelam ke tanah yang seolah-olah mencair akibat gempa di Jepang 1964.

Kebakaran juga dapat terjadi setelah terjadinya gempa. Sebagai contoh kebakaran yang terjadi di Managua Nicaragua dan di Padang, Sumatra Barat. Kebakaran ini karena adanya hubungan pendek arus listrik atau karena kompor yang masih menyala dan tidak sempat dimatikan karena terburu-buru menyelamatkan diri saat gempa terjadi.

Sumber: Encarta Encyclopedia Corbis Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005. © 1993–2004 Microsoft Corporation. All rights reserved.

Gambar 8.9. Kebakaran yang terjadi setelah gempa Managua Nicaragua tahun 1972.

Untuk para korban yang kehilangan rumahnya, biasanya disediakan tempat pengungsian atau membangun tenda-tenda. Semua korban hidup bersama-sama di bawah tenda pengungsian tersebut, baik orang tua, muda, anak-anak, bahkan balita. Orang-orang yang sedang sakit pun juga hidup bersama

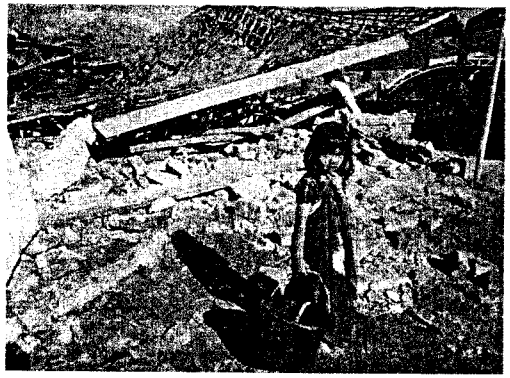
dengan orang yang sehat. Selain itu, persediaan air bersih yang semakin menipis membuat masyarakat menggunakan air seadanya untuk keperluan hidupnya, meskipun air itu tidak layak untuk dikonsumsi. Kondisi tenda yang belum cukup melindungi pengungsi dari dinginnya malam dan hujan.

Hal-hal seperti inilah yang membuat penyakit mudah sekali muncul dan menular ke semua orang. Terlebih pada balita dan anak-anak yang memang ketahanan tubuhnya masih rentan. Mereka dengan mudah terserang berbagai penyakit, misalnya diare, batuk, pilek, sesak napas, demam, gatal-gatal, hipertensi, dan sebagainya.

Sumber: http://foto.detik.com

Gambar 8.10. Korban gempa antri mendapat pelayanan kesehatan.

Dari sekian banyak dampak sekunder akibat gempa, dampak yang paling serius adalah dampak traumatik bagi korban gempa yang selamat. Dampak ini yang seharusnya menjadi prioritas untuk ditanggulangi tanpa mengabaikan dampak yang lain. Berbagai cara mesti dilakukan untuk menyembuhkan trauma akibat gempa ini. Terutama bagi anak-anak yang masih mempunyai masa depan yang panjang.



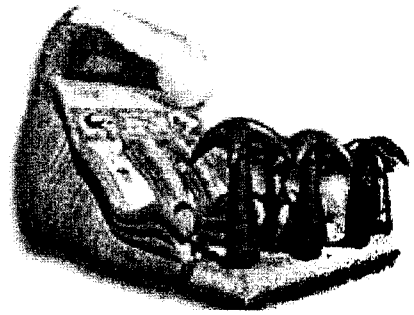
Sumber: http://www.matanews.com

Gambar 8.11. Seorang anak di sekitar rumahnya yang roboh.

Bab 9

Tsunami

Di penghujung tahun 2004, musibah demi musibah menimpa bangsa Indonesia. Mulai dari banjir, longsor, kecelakaan pesawat, dan terakhir adalah gempa disertai gelombang tsunami. Saat ini, bencana yang disebutkan terakhir tadi merupakan bencana yang paling ditakuti masyarakat Indonesia. Bagaimana



tidak, dalam satu bulan saja, bulan September 2009, gempa besar sudah melanda Indonesia dua kali. Pada tanggal 2 September 2009, warga Tasikmalaya berjuang menyelamatkan diri dari gempa berkekuatan 7,3 SR. Selang beberapa hari, 30 September 2009, gantian masyarakat Padang yang berhamburan keluar rumah menyelamatkan diri dari gempa.

Sudah banyak korban berjatuhan akibat gempa. Gempa di Padang ini mengingatkan kita pada gempa di Aceh beberapa tahun yang lalu. Dengan magnitudo yang besar, gempa mampu meluluhlantakkan Aceh. Penderitaan tersebut tidak berhenti sampai di situ saja. Beberapa menit setelah terjadi gempa, tsunami menerjang kota yang sering disebut dengan "serambi Mekah" ini. Semua harta benda milik warga hanyut bersama derasnya air laut yang menerjang daratan, tak terkecuali manusianya. Dahsyatnya gelombang tsunami yang terjadi di belahan dunia ini, terutama di Aceh dan wilayah lainnya dapat kita saksikan di media elektronik maupun media cetak.

Sejak terjadinya tsunami di Aceh, istilah ini menjadi semakin populer di kalangan masyarakat Indonesia. Tsunami telah menjadi kosakata baru yang kian akrab di telinga kita. Peristiwa tsunami di Aceh merupakan bencana tsunami terbesar di sepanjang sejarah tragedi manusia. Gelombang ini mampu menghancurkan bangunan, jalan, dan bangunan fisik lain.

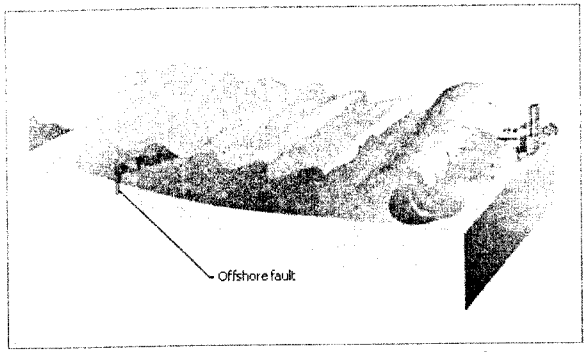
Selain itu, tsunami juga telah merenggut ratusan ribu nyawa yang tewas dan hilang. Setelah kejadian itu, hampir setiap hari media massa baik dalam dan luar negeri memberitakan peristiwa besar dan bersejarah bagi tragedi kemanusiaan ini. Secara psikis, pemberitaan yang berlebihan dan terus-menerus membuat orang-orang yang berada dan tinggal di pantai menjadi cemas. Kecemasan dan kepanikan menjadi berlebihan ketika terjadi gempa bumi di sekitar pantai. Orang-orang menjadi cemas dan dapat berubah menjadi kepanikan massal. Kondisi ini sangat tidak kondusif bagi stabilitas keamanan dan ketertiban sosial. Oleh karena itu, akan lebih baik bila fenomena alam seperti tsunami dapat dikenali dan dipahami dengan baik. Sebenarnya, apakah yang disebut dengan tsunami itu? Apa penyebabnya? Dan, Apakah bencana tsunami dapat dicegah atau dihindari? Ikuti selanjutnya pembahasan mengenai tsunami.

A. Pengertian Tsunami

Banyak orang yang salah dalam mengartikan istilah tsunami. Mereka menganggap bahwa tsunami merupakan gejala alam yang disebabkan oleh badai angin atau badai hujan deras. Bahkan, ada yang menganggap bahwa tsunami disebabkan adanya badai ombak laut yang besar. Secara etimologi, istilah tsunami berasal dari bahasa Jepang, *Tsu* yang

berarti pelabuhan dan *nami* yang berarti gelombang. Sehingga tsunami dapat diartikan sebagai peristiwa datangnya gelombang laut yang tinggi dan besar ke daerah pinggir pantai beberapa saat setelah terjadi gempa bumi, letusan gunung berapi, dan tanah longsor di dasar laut. Tsunami juga dapat terjadi karena adanya meteorit yang jatuh ke bumi.

Istilah tsunami ini pertama kali muncul di kalangan nelayan Jepang. Pada saat itu, para nelayan akan kembali ke pelabuhan setelah selesai melaut. Namun, ketika mereka tiba di pelabuhan, mereka menemukan daerah sekitar pantai sudah rusak karena dihantam gelombang yang tinggi dan besar. Padahal, saat mereka berada di tengah laut, mereka tidak merasakan adanya gelombang tersebut. Hal



Sumber: http://disaster.elvini.com

Gambar 9.1. Ilustrasi datangnya gelombang tsunami akibat patahan.

ini dikarenakan panjang gelombang tsunami sangat panjang. Setelah kejadian itu, para nelayan menyimpulkan bahwa gelombang tsunami hanya timbul di sekitar pantai saja. Sedangkan di tengah laut yang dalam tidak akan terjadi yang namanya tsunami.

Tsunami adalah gelombang air sangat besar yang dibangkitkan oleh bermacam-macam gangguan di dasar samudra. Gangguan ini dapat berupa gempa bumi, pergeseran lempeng, atau gunung meletus. Tsunami tidak tampak saat masih berada jauh di tengah lautan. Namun, begitu mencapai wilayah dangkal, gelombangnya akan bergerak cepat dan semakin membesar.

Tsunami juga sering disangka sebagai gelombang air pasang. Hal ini mungkin karena saat mencapai daratan, gelombang ini memang lebih menyerupai air pasang yang tinggi daripada menyerupai ombak biasa yang mencapai pantai secara alami oleh tiupan angin. Namun, sebenarnya gelombang tsunami sama sekali tidak ada kaitannya dengan peristiwa pasang surut air laut. Oleh karena itu, untuk menghindari pemahaman yang salah, para ahli oceanografi sering menggunakan istilah "gelombang laut seismic" (*seismic sea wave*) untuk menyebut tsunami. Sebutan ini secara ilmiah lebih akurat.

B. Tsunami dalam Sejarah

Dalam sejarahnya, banyak sekali tempat yang dihantam tsunami. Daerah yang biasanya dihantam tsunami adalah tempat-tempat yang berdekatan dengan pantai. Menurut sejarahnya, peristiwa tsunami pertama yang dapat dicatat adalah tsunami yang terjadi pada tahun 6100 sebelum Masehi. Tsunami ini terjadi di Lautan Atlantik Utara akibat dari pergeseran dasar laut sehingga menimbulkan pergeseran tanah di dasar laut. Selanjutnya, beberapa tsunami terus terjadi di bumi ini.

Di Indonesia sendiri sudah beberapa kali terjadi tsunami. Berdasarkan catatan katalog gempa (1629–2002), Indonesia pernah mengalami tsunami sebanyak 109 kali, yaitu 1 kali akibat longsoran (*landslide*), 9 kali akibat gunung berapi, dan 98 kali akibat gempa tektonik.

Berikut ini beberapa tsunami yang pernah terjadi dan berhasil dicatat di seluruh dunia di antaranya:

1. Tahun 1650

Pada tahun ini Gunung Santorini di Yunani meletus. Letusan ini mengakibatkan munculnya tsunami setinggi 100 m sampai 150 m yang menghancurkan teluk utara pulau Kreta di Yunani.

2. Tahun 1755

Di Lisbon Portugal terjadi gempa bumi cukup besar pada tanggal 1 November tahun ini. Setengah jam setelah terjadinya gempa, tsunami dengan ketinggian hampir 6 meter datang menghantam daratan di sepanjang pesisir. Sekitar sepertiga penduduk Lisbon ketika itu menjadi korban keganasan tsunami.

3. Tahun 1883

Saat Gunung Krakatau meletus dan memuntahkan lahar panas pada tanggal 27 Agustus 1883, tsunami besar menjadi ujung bencana ini. Tsunami yang diperkirakan mencapai ketinggian 40 meter dari permukaan laut ini mengakibatkan jatuhnya puluhan ribu korban jiwa manusia dan musnahnya kehidupan hewan dan tumbuhan dalam jangka waktu yang lama.

4. Tahun 1896

Pada tanggal 15 Juni 1896, tsunami Sanriku menyerang Jepang tanpa peringatan. Gelombang yang diperkirakan setinggi lebih dari 23 meter ini menghantam massa yang tengah berkumpul untuk merayakan festival agama. Diperkirakan bencana itu menewaskan lebih dari 26 ribu jiwa.

Pada tahun yang sama, yaitu tanggal 17 Desember 1896, tsunami juga menghancurkan tanggul dan jalan besar utama di Santa Barbara, California.

5. Tahun 1906

Pada tanggal 31 Januari 1906, gempa lepas pantai muncul dari bawah wilayah Tumaco, Kolombia dan menyapu bersih setiap rumah yang berada di antara Pantai Rioverde, Ekuador, dan Micay, Kolombia. Jumlah korban tewas diperkirakan mencapai 500 hingga 1.500 jiwa.

6. Tahun 1960

Pada tanggal 22 Mei tahun ini, di Chili terjadi tsunami sebagai akibat adanya gempa berkekuatan 9,5 SR. Tinggi gelombang tsunami ini mencapai 25 meter di atas permukaan laut dan menewaskan seribu orang Chili dan menimbulkan kerusakan di Hawaii serta merenggut 61 jiwa di Filipina, Okinawa, dan Jepang, ketika gelombang itu bergulung menyeberangi Pasifik. Bencana tsunami Chili ini merupakan salah satu bencana tsunami paling besar sepanjang abad XX.

7. Tahun 1964

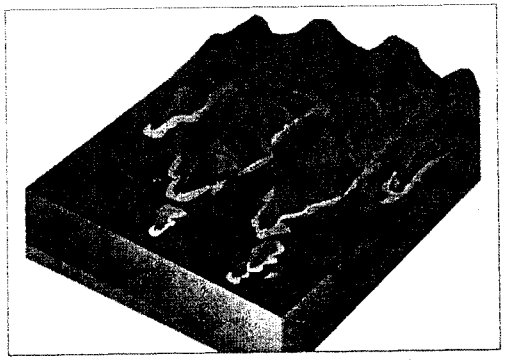
Pada tahun ini, tepatnya tanggal 28 Maret 1964, di Alaska terjadi tsunami besar. Tsunami ini terjadi

pada hari Jum'at sehingga sering disebut dengan "tsunami Jum'at baik". Tsunami di Alaska ini tercatat sebagai gelombang tsunami tertinggi di dunia. Tsunami terjadi karena amblasnya lempeng tektonik di Teluk Lituya dan menyebabkan terjadinya gempa besar dengan kekuatan 9,2 skala Richter.

Tsunami dengan gelombang setinggi enam ratus meter ini telah menghancurkan pohon-pohon dan tanah pada dinding *fjord*, menenggelamkan sebagian besar pantai Alaska, dan menghancurkan tiga desa. Gelombang tersebut menewaskan 107 orang di Alaska, 4 di Oregon, dan 11 lainnya di California, ketika gelombang melanda Pantai Barat AS.

Saat gelombang tsunami kembali ke laut, gelombang tersebut langsung menyebar dan tinggi-nya menurun dengan cepat. Tingginya gelombang saat berada di pantai lebih disebabkan topografi wilayahnya daripada karena energi yang dikeluarkan oleh peristiwa amblasnya lempeng.

Fjord adalah suatu teluk sempit (*inlet*) di antara tebing-tebing atau lahan terjal. *Fjord* ini dapat dijumpai di Norwegia, Alaska, Selandia Baru, dan sebagainya. Sebelumnya, *fjord* ini merupakan sungai gletser yang terbentuk di wilayah pegunungan di kawasan pantai. Saat suhu menjadi hangat, sungai gletser ini mencair. Akibatnya, permukaan air laut naik dan membanjiri lembah di sela-sela pegunungan tersebut.



Sumber: http://disaster.elvini.com

Gambar 9.2. Ilustrasi fjord.

8. Tahun 1976

Pada tanggal 16 Agustus 1976, tsunami menewaskan lebih dari 5 ribu orang di wilayah Teluk Moro, Filipina.

9. Tahun 1992

Pada tanggal 12 Desember 1992, tsunami melanda Flores.

10. Tahun 1998

Pada tanggal 17 Juli 1998, pantai utara Papua Nugini diterjang gelombang akibat gempa lepas pantai. Tsunami ini menewaskan sekitar 2 ribu orang dan menyebabkan ribuan lainnya kehilangan tempat tinggal.

11. Tahun 2004

Tanggal 26 Desember 2004 merupakan hari yang sangat bersejarah bagi bangsa Indonesia. Ya, pada hari ini negeri kita mengalami musibah besar. Tsunami yang terjadi di Lautan India menghantam Indonesia (Aceh), Malaysia, Thailand, India, Sri Langka, Maldives, Somalia, Kenya, dan Tanzania di timur Afrika. Karena korban terbesar dari wilayah Aceh yaitu sekitar 300.000 jiwa, maka tsunami ini lebih dikenal dengan tsunami Aceh. Orang juga menyebut tsunami Aceh ini dengan istilah "tsunami hari Natal (*Christmas Tsunami*)" karena terjadi sehari setelah perayaan hari Natal. Tsunami yang diakibatkan adanya gempa berkekuatan 9,0 skala Richter ini merupakan tsunami paling mematikan di sepanjang sejarah manusia karena memakan banyak korban.

Banyaknya warga yang menjadi korban lebih disebabkan negara kita tidak memiliki sistem peringatan dini seperti halnya yang ada di Samudra Pasifik. Hal ini mungkin dikarenakan negara kita jarang mengalami musibah tsunami. Tsunami terakhir yang cukup besar di Indonesia terjadi pada tahun 1883, yang disebabkan oleh meletusnya Gunung Krakatau di Selat Sunda. Itu berarti sudah lebih dari seabad yang lalu. Setelah adanya tsunami ini, UNESCO dan lembaga-lembaga lainnya di dunia mulai merintis

pengembangan sistem pengawasan tsunami global untuk wilayah di sekitar Samudra Hindia.

Sumber: http://disaster.elvini.com

Gambar 9.3. Kondisi korban Aceh dan keadaan lingkungan pasca tsunami.

12. Tahun 2006

Gempa yang menyebabkan terjadinya tsunami terjadi pada tanggal 17 Juli 2006 di selatan Pulau Jawa, Indonesia. Tsunami dengan ketinggian 21 meter ini terjadi di Pulau Nusakambangan dan memakan korban jiwa lebih dari 500 orang.

13. Tahun 2007

Pada tanggal 12 September 2007, tsunami dengan ketinggian 3–4 meter melanda Bengkulu dan memakan korban jiwa 3 orang.

C. Penyebab Terjadinya Tsunami

Tsunami terjadi karena adanya gangguan (*disturbance*) berskala besar terhadap air laut akibat terjadinya perubahan bentuk dasar laut secara tiba-tiba. Gangguan-gangguan ini misalnya gempa bumi, letusan gunung berapi, dan longsoran lempeng (*land slide*) yang terjadi di dasar laut, atau tumbukan benda langit. Tsunami terjadi apabila dasar laut bergerak secara tiba-tiba dan mengalami perpindahan vertikal.

1. Longsoran Lempeng Bawah Laut (*Undersea landslides*)

Gerakan yang besar pada kerak bumi biasanya terjadi di perbatasan antar lempeng tektonik. Celah retakan antara kedua lempeng tektonik ini disebut dengan sesar (*fault*). Sebagai contoh, di sekeliling tepian Samudra Pasifik, yang biasa disebut "lingkaran api (*Ring of Fire*)," lempeng samudra yang lebih padat menghunjam masuk ke bawah lempeng benua. Proses ini dinamakan dengan penghunjaman (*subduction*). Gempa subduksi sangat efektif membangkitkan gelombang tsunami.

2. Gempa Bumi Bawah Laut (*Undersea Earthquake*)

Gempa tektonik merupakan salah satu gempa yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng bumi.

Jika gempa semacam ini terjadi di bawah laut, air di atas wilayah lempeng yang bergerak tersebut berpindah dari posisi equilibriumnya. Gelombang muncul ketika air ini bergerak oleh pengaruh gravitasi kembali ke posisi equilibriumnya. Bila wilayah yang luas pada dasar laut bergerak naik ataupun turun, tsunami dapat terjadi.

3. Aktivitas Vulkanik (*Volcanic Activities*)

Pergeseran lempeng di dasar laut, selain dapat mengakibatkan gempa juga sering kali menyebabkan peningkatan aktivitas vulkanik pada gunung berapi. Kedua hal ini dapat mengguncangkan air laut di atas lempeng tersebut. Meletusnya gunung berapi yang terletak di dasar samudra juga dapat menaikkan air dan membangkitkan gelombang tsunami.

4. Tumbukan Benda Luar Angkasa (*Cosmic-body Impacts*)

Tumbukan dari benda luar angkasa seperti meteor merupakan gangguan terhadap air laut yang datang dari arah permukaan. Boleh dibilang, tsunami yang disebabkan tumbukan ini, umumnya terjadi sangat cepat dan jarang mempengaruhi wilayah pesisir yang jauh dari sumber gelombang. Meskipun begitu, bila pergerakan lempeng dan tabrakan benda angkasa luar cukup dahsyat, kedua peristiwa ini dapat menciptakan megatsunami.

Dari keempat penyebab di atas, gempa bumi merupakan penyebab utama terjadinya tsunami. Besar kecilnya gelombang tsunami sangat ditentukan oleh karakteristik gempa bumi yang menyebabkannya. Bagian terbesar sumber gangguan implusif yang menimbulkan tsunami dahsyat adalah gempa bumi yang terjadi di dasar laut. Meskipun begitu, erupsi vulkanik juga dapat menimbulkan tsunami dahsyat, seperti letusan gunung Krakatau pada tahun 1883.

Gempa bumi di dasar laut ini menimbulkan gangguan air laut karena menyebabkan adanya perubahan profil dasar laut. Profil dasar laut ini dapat berubah karena gerakan tanah yang tegak lurus dengan permukaan air laut atau permukaan bumi. Sebenarnya, apabila gerakan tanah horizontal dengan permukaan laut, maka tidak akan terjadi tsunami. Namun, jika energi gempanya terlalu besar, maka dapat meruntuhkan tebing-tebing (bukit-bukit) di laut yang dengan sendirinya gerakan dari runtuhan ini adalah tegak lurus dengan permukaan laut. Sehingga walaupun tidak terjadi gempa bumi, tetapi jika keadaan bukit/tebing laut labil, maka akan menimbulkan tanah longsor dan akhirnya terjadi tsunami. Hal ini pernah terjadi di Larantuka tahun 1976 dan di Padang tahun 1980. Ciri-ciri gempa yang paling berpotensi menimbulkan tsunami adalah:

a. gempa yang terjadi di dasar laut,
b. kedalaman pusat gempa kurang dari 60 km,
c. kekuatan gempa lebih besar dari 6,0 skala Richter, dan
d. jenis pesesaran gempa tergolong sesar naik atau sesar turun.

Gaya-gaya semacam ini biasanya terjadi pada zona bukaan dan zona sesar. Berdasarkan data tsunami di Jepang, menunjukkan bahwa gempa yang menimbulkan tsunami sebagian besar merupakan gempa yang mempunyai mekanisme fokus dengan komponen *dip-slip*, yang terbanyak adalah tipe *thrust* (sesar naik), misalnya tsunami Japan Sea 1983 dan Flores 1992. Dan, sebagian kecil tipe normal (sesar turun), misalnya sanriku Jepang 1993 dan Sumba 1977. Gempa dengan mekanisme fokus *strike slip* (sesar mendatar), kecil sekali kemungkinan untuk menimbulkan tsunami

Gerakan vertikal pada kerak bumi yang dapat mengakibatkan dasar laut naik atau turun secara tiba-tiba ini menimbulkan aliran energi air laut, yang ketika sampai di pantai menjadi gelombang besar dan mengakibatkan terjadinya tsunami. Kecepatan gelombang tsunami tergantung pada kedalaman laut di mana gelombang terjadi. Kecepatannya dapat mencapai ratusan kilometer per jam. Bila tsunami

mencapai pantai, kecepatannya berubah sekitar 50 km/jam dan energinya sangat merusak daerah pantai yang dilaluinya. Di tengah laut, tinggi gelombang tsunami hanya beberapa cm hingga beberapa meter saja. Namun, saat mencapai pantai, tinggi gelombangnya dapat mencapai puluhan meter karena terjadi penumpukan masa air. Saat mencapai pantai, tsunami akan merayap masuk daratan hingga jauh dari garis pantai dengan jangkauan mencapai beberapa ratus meter bahkan beberapa kilometer.

Apakah di Indonesia ini ada daerah yang merupakan sumber Tsunami? Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di antara 2 samudra, yaitu Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Melihat dari lokasi ini, maka daerah yang dapat dianggap sebagai penyebab tsunami berasal dari 3 lokasi, yaitu Samudra Pasifik, Samudra Hindia, dan Lokal Indonesia.

Wilayah Indonesia yang sering dilanda tsunami Samudra Pasifik adalah Papua bagian Utara serta Maluku bagian Utara dan Timur. Tsunami Samudra Hindia (kebanyakan berasal dari gempa tektonik yang bersumber pada sabuk Mediteranian) sering melanda Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara sejauh +200 km dari daratan. Sedangkan daerah yang sering mengalami gelombang tsunami akibat gempa lokal atau tanah longsor di dasar lautan terdapat di

daerah sekitar Maluku, termasuk pantai utara Nusa Tenggara.

Daerah rawan tsunami umumnya adalah daerah yang lokasinya dekat dengan jalur gempa dengan episenternya dekat dengan pantai. Sejak 1 abad yang lalu (1900–1996), di Indonesia pernah terjadi +25 kali tsunami besar. Dari beberapa kejadian tsunami (yang diakibatkan gempa bumi) dengan karakteristik yang berbeda-beda, menunjukkan bahwa Indonesia merupakan daerah yang sangat kompleks dan merupakan daerah seismik aktif.

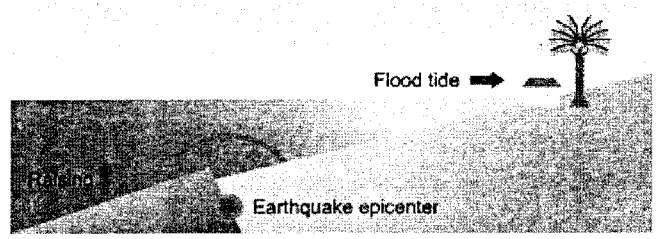
D. Karakteristik Tsunami

Perilaku gelombang tsunami sangat berbeda dari ombak laut biasa. Gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan tinggi dan dapat merambat lintas samudra dengan energi yang sedikit berkurang. Tsunami dapat menerjang wilayah yang berjarak ribuan kilometer dari sumbernya, sehingga mungkin ada selisih waktu beberapa jam antara terciptanya gelombang ini dengan bencana yang ditimbulkannya di pantai. Waktu perambatan gelombang tsunami lebih lama dari waktu yang diperlukan oleh gelombang seismik untuk mencapai tempat yang sama.

Periode tsunami cukup bervariasi, mulai dari 2 menit hingga lebih dari 1 jam. Panjang gelombangnya sangat besar, antara 100–200 km. Coba bandingkan dengan ombak laut biasa di pantai selancar (*surfing*) yang mungkin hanya memiliki periode 10 detik dan panjang gelombang 150 meter.

Perbandingan Gelombang Tsunami dan Ombak Laut Biasa		
Parameter	**Gelombang Tsunami**	**Ombak Biasa**
Periode gelombang	2 menit sampai > 1 jam	± 10 detik
Panjang gelombang	100–200 km	150 meter

Hal itulah yang menyebabkan tsunami hampir tidak tampak saat masih di tengah laut dan hanya terasa seperti ayunan air saja. Berikut ini gambar yang menunjukkan proses terjadinya tsunami.

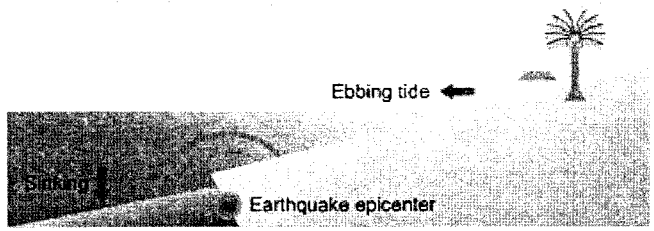


Sumber: http://disaster.elvini.com

Gambar 9.4. Ilustrasi pergerakan lempeng bumi.

Dari gambar tersebut tampak bahwa bila lempeng samudra pada sesar bergerak naik (*raising*), terjadi air pasang di wilayah pantai hingga wilayah

tersebut akan mengalami banjir sebelum kemudian gelombang air yang lebih tinggi (tsunami) datang menerjang.



Sumber: http://disaster.elvini.com

Gambar 9.5. Ilustrasi surutnya air laut sebelum tsunami.

Bila lempeng samudra pada sesar bergerak turun (*sinking*) kurang lebih separuh waktu sebelum gelombang tsunami sampai di pantai, maka air laut di pantai tersebut akan surut. Pada pantai yang landai, surutnya air dapat mencapai lebih dari 800 meter menjauhi pantai. Masyarakat yang tidak sadar akan datangnya bahaya mungkin akan tetap tinggal di pantai karena ingin tahu apa yang sedang terjadi. Bagi para nelayan, mereka justru memanfaatkan momen saat air laut surut tersebut untuk mengumpulkan ikan-ikan yang banyak bertebaran. Padahal, surutnya air laut ini sebenarnya pertanda bahwa akan terjadi tsunami.

Pada suatu gelombang, bila rasio antara kedalaman air dan panjang gelombang sangat kecil, maka gelombang tersebut disebut gelombang air dangkal.

Karena gelombang tsunami memiliki panjang gelombang yang sangat besar, sehingga gelombang tsunami berperan sebagai gelombang air dangkal, bahkan di samudra yang dalam sekalipun. Gelombang air dangkal bergerak dengan kecepatan yang setara dengan akar kuadrat hasil perkalian antara percepatan gravitasi (9,8 m/s2) dan kedalaman air laut.

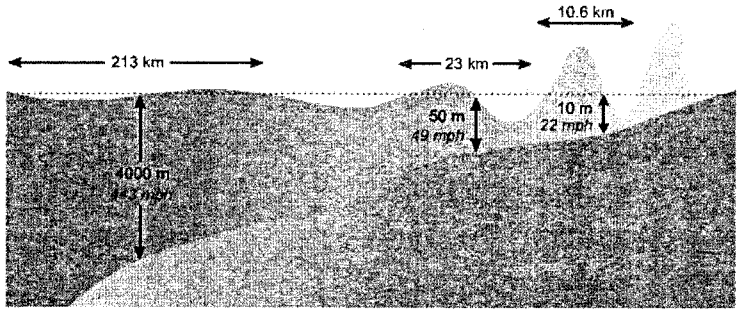
$$v = \sqrt{g(m/s^2) \times d(m)}$$

Dengan:
v = velocity (kecepatan),
g = gravitation (9,8 m/s^2),
d = depth (kedalaman).

Di Samudra Pasifik contohnya, di mana kedalaman air rata-rata adalah 4.000 meter, gelombang tsunami merambat dengan kecepatan ± 200 m/s (kira-kira 712 km/jam) dengan hanya sedikit energi yang hilang, bahkan untuk jarak yang jauh. Sementara, pada kedalaman 40 meter kecepatannya mencapai ± 20 m/s (sekitar 71 km/jam) lebih lambat namun tetap sulit dilampaui.

Energi dari gelombang tsunami merupakan fungsi perkalian antara tinggi gelombang dan kecepatannya. Nilai energi ini selalu konstan, yang berarti tinggi gelombang berbanding terbalik dengan kecepatan merambat gelombang. Oleh sebab itu,

ketika gelombang mencapai daratan, tingginya meningkat sementara kecepatannya menurun.



Sumber: http://disaster.elvini.com

Gambar 9.6. Ilustrasi perbedaan ketinggian gelombang tsunami saat di tengah laut dan tepi pantai.

Saat memasuki wilayah dangkal, kecepatan gelombang tsunami akan menurun, sedangkan tinggi-nya meningkat dan kemudian menciptakan gelombang mengerikan yang sangat merusak.

Kedalaman (m)	Kecepatan (mph)	Panjang Gelombang (km)
7.000	586	282
4.000	443	213
2.000	313	151
200	99	48
50	49	23
10	22	10,6

Orang-orang yang berada di tengah laut tidak menyadari adanya tsunami. Gelombang tsunami dapat mencapai ketinggian hingga 30 meter atau lebih ketika mencapai wilayah pantai dan daerah padat. Tsunami dapat menimbulkan kerusakan yang sangat parah di wilayah yang jauh dari sumber pembangkit gelombang, meskipun peristiwa pembangkitan gelombang itu sendiri mungkin tidak dapat dirasakan tanpa alat bantu.

Tsunami bergerak maju ke satu arah dari sumbernya sehingga wilayah yang berada di daerah "bayangan" relatif dalam kondisi aman. Namun demikian, gelombang tsunami dapat saja berbelok di sekitar daratan. Gelombang ini juga bisa saja tidak simetris. Gelombang ke satu arah mungkin lebih kuat dibanding gelombang ke arah lainnya tergantung dari peristiwa alam yang memicunya dan kondisi geografis wilayah disekitarnya.

E. Proses Terjadinya Tsunami

Bagaimana sih, terjadinya tsunami? Ketika terjadi gempa bumi, letusan gunung berapi, dan tanah longsor di dasar laut, ataupun dampak meteorit, air laut menjadi bergerak dan terjadi deformasi vertikal dasar laut sehingga mengakibatkan perbedaan tinggi permukaan laut. Proses untuk mencapai keseimbangan kembali ini menimbulkan gelombang laut

yang diperkirakan mencapai 50 meter tingginya. Sedangkan panjang gelombangnya mencapai ribuan kilometer dengan kecepatan gelombang bergerak mencapai 500 sampai 1.000 km per jam. Biasanya, gelombang laut itu akan menghantam pantai atau pelabuhan terdekat dalam waktu 10 sampai 30 menit setelah terjadinya penyebab tsunami.

Gelombang tsunami ini bergerak dari dasar laut hingga permukaan laut. Gelombang ini juga akan membawa material dasar laut yang biasanya mengandung lumpur berwarna hitam pekat. Gelombang besar yang memiliki kekuatan sangat besar ini secara simultan dan bersamaan bergerak cepat menghantam pelabuhan atau pantai terdekat atau jauh sekali pun tergantung kekuatan tsunami yang dimilikinya. Bahan dasar laut atau lumpur dari dasar laut yang ikut tersapu dan terdorong oleh gelombang tsunami semakin menambah kekuatan tsunami sehingga kerusakan yang ditimbulkan sangat besar. Cobalah perhatikan korban tsunami yang ada di Aceh. Para korban tampak kotor dan agak hitam. Hal ini karena selain air laut, badannya juga berlumuran lumpur yang berasal dari dasar lautan yang ikut bergerak disapu gelombang tsunami.

F. Megatsunami dan *Seiche*

Bukti-bukti menunjukkan bahwa megatsunami, yaitu tsunami yang mencapai ketinggian hingga 100 meter, memang mungkin saja terjadi. Peristiwa langka ini biasanya disebabkan oleh sebuah pulau cukup besar yang amblas ke dasar samudra. Megatsunami juga bisa disebabkan oleh sebongkah besar es yang jatuh ke air dari ketinggian ratusan meter. Gelombang ini dapat menyebabkan kerusakan yang sangat dahsyat pada cakupan wilayah pantai yang sangat luas.

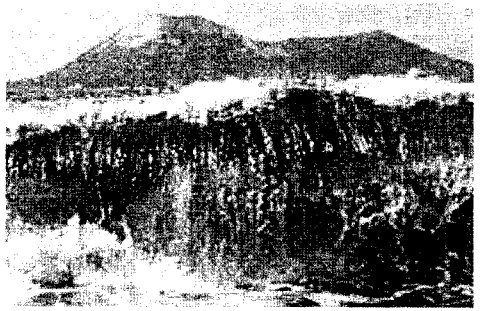
Hal lain yang berkaitan dengan tsunami antara lain adalah *seiche*, yaitu fluktuasi atau pengalunan permukaan danau atau badan air kecil yang disebabkan oleh gempa-bumi kecil, angin, atau oleh keragaman tekanan udara. Sering kali gempa yang besar menyebabkan tsunami dan *seiche* sekaligus, atau sebagian *seiche* justru terjadi karena adanya tsunami.

G. Ciri-Ciri Tsunami

Tsunami berbeda dengan badai angin atau badai hujan deras atau bahkan topan keras yang dapat menghancurkan rumah dan menimbulkan korban jiwa. Tsunami juga bukan gelombang ombak besar disertai angin keras dan kuat dari lautan. Tsunami dapat dikenali dari beberapa ciri yang dimilikinya.

Berikut ini adalah ciri-ciri dari tsunami:

1. Ketika terjadi gempa bumi, letusan gunung berapi, dan tanah longsor di dasar laut, serta dampak meteorit, maka air laut seketika berangsur surut atau naik secara mendadak dari garis pantai.
2. Gelombang air laut bergerak dengan cepat.
3. Ia memiliki amplitudo gelombang pasang yang tinggi dan panjang. Dalam beberapa kasus, amplitudo gelombang dapat mencapai 50 meter, sedangkan panjang gelombangnya mencapai ribuan kilometer. Kapal-kapal di tengah laut tidak merasakan adanya tsunami.
4. Gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan mencapai 500 sampai 1.000 km per jam, tergantung dengan kedalaman laut. Biasanya gelombang ini membawa material lumpur laut yang cukup banyak.
5. Biasanya gelombang laut ini akan menghantam pantai atau pelabuhan terdekat dalam waktu 10 sampai 30 menit setelah terjadinya gempa.
6. Gelombang ini berpotensi besar menghantam pantai atau pelabuhan laut yang terdekat dengan sumber tsunami.
7. Gelombang tsunami biasanya berlapis-lapis. Setiap lapisan gelombang memiliki panjang gelombang sekitar 150 meter dan membutuhkan periode waktu sekitar 10 detik.

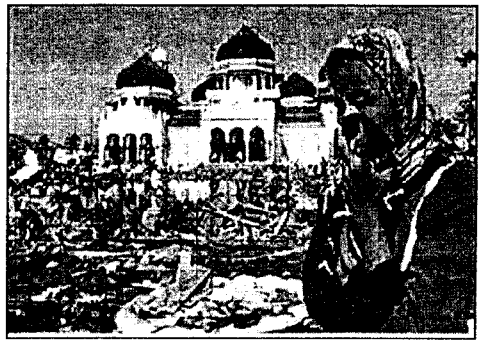


Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 9.7. Gelombang tsunami.

H. Dampak Tsunami

Dampak negatif yang diakibatkan tsunami adalah merusak apa saja yang dilaluinya seperti bangunan, tumbuh-tumbuhan, dan manusia akan menjadi korbannya.



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 9.8. Kondisi rumah paska tsunami di Aceh.

Selain itu, tsunami juga akan menyebabkan genangan air di mana-mana. Pencemaran air asin pada lahan pertanian, tanah, dan air bersih pun tidak dapat terhindarkan. Karena banyaknya kerugian yang ditimbulkan akibat tsunami, dalam buku ini hanya akan dibahas dampak di sektor pertanian saja.

Kita ambil contoh tsunami yang terjadi di Aceh. Dari 9 kabupaten yang terkena tsunami, lahan pertanian yang mengalami kerusakan cukup berat terjadi di Kabupaten Aceh Besar, Aceh Barat Daya, Pidie, Bireun, dan Aceh Jaya. Ribuan hektar lahan pertanian ini tercemar karena bercampur dengan lumpur yang terbawa gelombang tsunami.

Sumber: http://www.litbang.deptan.go.id

Gambar 9.9. Area persawahan paska tsunami.
"Lahan sawah setelah diterjang tsunami"

Kondisi di lapangan pasca tsunami terlihat pada kondisi rumput yang mati total. Masyarakat sangat khawatir sawah mereka tidak dapat ditanami kembali untuk waktu yang lama karena kadar garam yang terlalu tinggi. Selain areal sawah, ratusan ribu sumur penduduk pun ikut tercemar. Kondisi ini menyebabkan pembangunan sektor pertanian terhenti dan memerlukan penanganan serius untuk perbaikan. Kandungan garam (salinitas) dan tebalnya endapan lumpur (sedimen) membuat kerusakan lahan pertanian semakin serius. Secara umum kerusakan di pantai barat lebih berat dibanding pantai timur. Di pantai barat, tinggi timbunan lumpur yang menutup lahan umumnya di atas 20 cm. Sedangkan di pantai timur, tinggi timbunan lumpur umumnya di bawah 20 cm. Lumpur tebal (>10 cm) umumnya dijumpai pada jarak 3–4 km dari pantai. Semakin dekat ke pantai, ketebalan lumpur semakin menipis.

Hasil analisis laboratorium yang dilakukan oleh tim Puslitbangtanak dan Badan Litbang Pertanian, terhadap contoh lumpur dan tanah yang diambil di beberapa lokasi menunjukkan bahwa tingginya daya hantar listrik (DHL) lebih besar dari 10 dS/m untuk lumpur dan 2–12 dS/m untuk tanah permukaan. Sementara itu, umumnya tanaman semusim seperti jagung, kacang tanah, dan padi mulai terganggu pertumbuhannya pada DHL 4 dS/m. Kandungan ga-

ram pada lumpur dan tanah juga cukup tinggi yaitu 2.000–26.900 ppm untuk lumpur dan 140–6.000 ppm untuk tanah.

Tingkat kerusakan lahan yang terjadi antara lain: lahan sawah (termasuk subsektor hortikultura) seluas 20.101 ha, ladang tegalan (tanaman palawija dan horti) 31.345 ha, dan perkebunan diperkirakan 56.500–102.461 ha (data FAO dan Deptan) yang terdiri atas lahan perkebunan karet, kelapa, kelapa sawit, kopi, cengkih, pala, pinang, cokelat, nilam, dan jahe. Sedangkan banyaknya ternak yang mati ataupun hilang adalah 78.450 ekor sapi, 62.561 ekor kerbau, domba 16.133 ekor, kambing 73.100 ekor, dan unggas 1.624.431 ekor. Infrastruktur usaha tani seperti jaringan irigasi, bangunan irigasi, jaringan saluran tingkat usaha tani, jalan usaha tani, pematang, terasering (lahan kering), serta bangunan petakan lahan usaha tani pun tidak luput dari kerusakan. Di samping itu, berbagai peralatan, seperti *hand tractor*, pompa air, traktor besar, alat pengolah nilam, karet, minyak kelapa, dan pengolah dendeng juga ikut rusak.

FAO memperkirakan kerugian di bidang produksi pertanian mencapai US$ 78,8 juta dan perkiraan kerusakan infrastruktur pertanian sebesar US$ 33,4 juta. Upaya rehabilitasi di wilayah pantai barat diperkirakan membutuhkan waktu sekitar lima tahun.

Sedangkan pantai timur yang kerusakannya relatif lebih ringan dapat direhabilitasi dalam kurun waktu satu hingga dua tahun.

I. Pencegahan dan Penanggulangan Tsunami

Tsunami merupakan fenomena alam yang biasa terjadi, namun untuk sebagian orang masih belum dapat memprediksi kedatangannya. Terlebih lagi, gelombang ini datang dengan cepat dan tiba-tiba sehingga banyak orang yang tidak sempat untuk menyelamatkan diri. Akhirnya, ketika tsunami terjadi akan banyak menimbulkan kerusakan dan korban jiwa.

Namun, jika kita pelajari beberapa peristiwa tsunami yang pernah ada, kita sebenarnya dapat memprediksi kedatangannya. Secara teoretis, memprediksi gelombang tsunami lebih mudah dibandingkan dengan gempa bumi (sampai saat ini masih belum dapat diprediksi terjadinya), asalkan kita dapat membaca gejala alam yang terjadi. Adanya tenggang waktu antara terjadinya gempa dan tibanya tsunami di pantai memungkinkan kita untuk menganalisis karakteristik gempa. Informasi tersebut kemudian dapat segera disampaikan ke masyarakat sebelum gelombang tsunami menerjang pantai. Ide inilah yang kemudian mendasari didirikannya pusat sistem

peringatan dini tsunami (*Tsunami Warning System*) di beberapa negara Pasifik.

1. Sistem Peringatan Dini Tsunami

Di beberapa kota di sekitar Pasifik, terutama di Jepang dan Hawaii, sudah dipasang sistem peringatan dini tsunami. Sistem peringatan ini digunakan untuk menyiarkan pada masyarakat, khususnya yang tinggal dan berada di sekitar pantai, akan datangnya gelombang tsunami. Di berbagai penjuru dunia, bencana tsunami sudah dapat diprediksi oleh berbagai institusi seismologi. Proses terjadinya tsunami juga dapat dimonitor melalui perangkat yang ada di dasar atau permukaan laut yang terkoneksi dengan satelit.

Perekam tekanan di dasar laut bersama-sama dengan perangkat yang mengapung di laut *buoy*, dapat digunakan untuk mendeteksi gelombang yang tidak dapat dilihat oleh pengamat manusia pada laut dalam. Sistem sederhana yang pertama kali digunakan untuk memberikan peringatan awal akan terjadinya tsunami pernah dicoba di Hawaii pada tahun 1920-an. Kemudian, sistem yang lebih canggih dikembangkan lagi setelah terjadinya tsunami besar pada tanggal 1 April 1946 dan 23 Mei 1960. Amerika serikat kemudian membuat Pacific Tsunami Warning Center pada tahun 1949 yang

menghubungkannya ke jaringan data dan peringatan internasional pada tahun 1965. Salah satu sistem untuk menyediakan peringatan dini tsunami, CREST Project, dipasang di pantai barat Amerika Serikat, Alaska, dan Hawai oleh USGS, NOAA, dan Pacific Northwest Seismograph Network, serta oleh tiga jaringan seismik universitas.

Hingga kini, ilmu tentang tsunami sudah cukup berkembang, meskipun proses terjadinya masih banyak yang belum diketahui dengan pasti. Episenter dari sebuah gempa bawah laut dan kemungkinan terjadinya tsunami dapat cepat dihitung. Pemodelan tsunami yang baik telah berhasil memperkirakan seberapa besar tinggi gelombang tsunami di daerah sumber, kecepatan penjalarannya, dan waktu sampai di pantai. Ketinggian tsunami di pantai dan jauhnya rendaman yang mungkin terjadi di daratan juga dapat diketahui. Walaupun begitu, karena faktor alamiah, seperti kompleksitas topografi dan batimetri sekitar pantai serta adanya corak ragam tutupan lahan (baik tumbuhan, bangunan, dan lain-lain), perkiraan waktu kedatangan tsunami, ketinggian, dan jarak rendaman tsunami masih belum dapat ditampakkan secara akurat.

Lalu, bagaimanakah dengan sistem peringatan dini tsunami di Indonesia? Ternyata, Indonesia juga telah mengembangkan sistem peringatan dini tsu-

nami Indonesia (*Indonesian Tsunami Early Warning System - InaTEWS*), dengan bantuan negara-negara donor. Sistem ini berpusat pada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) di Jakarta. Sistem ini memungkinkan BMKG mengirimkan peringatan tsunami jika terjadi gempa yang berpotensi mengakibatkan tsunami. Sistem yang ada sekarang ini sedang disempurnakan. Ke depannya, sistem ini akan dapat mengeluarkan 3 tingkat peringatan, sesuai dengan hasil perhitungan sistem pendukung pengambilan keputusan (*Decision Support System - DSS*).

Pengembangan sistem peringatan dini tsunami ini melibatkan banyak pihak, baik instansi pemerintah pusat, pemerintah daerah, lembaga internasional, maupun lembaga non-pemerintah. Koordinator dari pihak Indonesia adalah Kementerian Negara Riset dan Teknologi (RISTEK). Sedangkan instansi yang ditunjuk bertanggung jawab mengeluarkan info gempa dan peringatan tsunami adalah BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika). Sistem ini didesain untuk dapat mengeluarkan peringatan tsunami dalam waktu paling lama 5 menit setelah gempa terjadi. Sistem peringatan dini memiliki 4 komponen yaitu pengetahuan mengenai bahaya dan risiko; peramalan, peringatan, dan reaksi observasi (monitoring gempa dan permukaan laut); integrasi dan diseminasi informasi; serta kesiapsiagaan.

Bagaimanakah cara kerja dari sebuah sistem peringatan dini? Sebuah sistem peringatan dini tsunami merupakan rangkaian sistem kerja yang rumit dan melibatkan banyak pihak secara internasional, regional, nasional, daerah, dan bermuara di masyarakat. Apabila terjadi suatu gempa maka kejadian tersebut segera dicatat oleh *seismograf*. Informasi gempa (kekuatan, lokasi, waktu kejadian) dikirimkan melalui satelit ke BMKG Jakarta. Selanjutnya, BMG akan mengeluarkan info gempa yang disampaikan melalui peralatan teknis secara simultan. Data gempa dimasukkan ke dalam DSS untuk memperhitungkan apakah gempa tersebut berpotensi menimbulkan tsunami. Perhitungan dilakukan berdasarkan jutaan skenario modeling yang sudah dibuat terlebih dahulu. Setelah hasilnya keluar, BMKG kemudian mengeluarkan info peringatan tsunami.

Data gempa ini juga akan diintegrasikan dengan data dari peralatan sistem peringatan dini lainnya (GPS, BUOY, OBU, Tide Gauge) untuk memberikan konfirmasi apakah gelombang tsunami benar-benar sudah terbentuk. Informasi ini kemudian diteruskan oleh BMKG. BMKG menyampaikan info peringatan tsunami melalui beberapa institusi perantara, yang meliputi pemerintah daerah dan media. Institusi perantara inilah yang meneruskan informasi peringatan kepada masyarakat. BMKG juga me-

nyampaikan info peringatan melalui SMS ke pengguna ponsel yang sudah terdaftar dalam database BMKG. Untuk saat ini, cara penyampaian info gempa tersebut dapat melalui SMS, *Facsimile*, Telepon, Email, RANET (Radio Internet), FM RDS (Radio yang mempunyai fasilitas RDS/*Radio Data System*), dan melalui website BMG (www.bmg.go.id).

Banyak kejadian di lapangan yang membuktikan bahwa meskipun banyak peralatan canggih yang digunakan, namun hingga saat ini alat yang paling efektif untuk sistem peringatan dini tsunami adalah radio. Oleh sebab itu, kepada masyarakat yang tinggal di daerah rawan tsunami diminta untuk selalu mempersiapkan radio FM untuk mendengarkan berita peringatan dini tsunami. Alat lainnya yang juga dikenal ampuh adalah radio komunikasi antar penduduk. Organisasi yang mengurusnya adalah RAPI (Radio Antar Penduduk Indonesia). Mengapa radio menjadi alat paling efektif untuk peringatan tsunami? Jawabannya cukup sederhana, karena ketika gempa terjadi, sering kali diikuti dengan padamnya listrik. Semua peralatan yang menggunakan listrik otomatis tidak akan berfungsi. Sementara itu, radio masih dapat dioperasikan dengan menggunakan baterai. Selain itu, karena ukurannya kecil maka dapat dibawa-bawa (*mobile*) dan radius komunikasinya pun relatif cukup memadai.

Yang menjadi pertanyaannya kini, meskipun Indonesia sudah mempunyai sistem peringatan dini tsunami, namun mengapa masih banyak masyarakat yang tidak sempat menyelamatkan diri saat tsunami datang? Adakah yang salah dengan sistem peringatan di Indonesia? Memang yang menjadi persoalan di Indonesia adalah tenggang waktu antara gempa dengan datangnya tsunami hanya berkisar antara 10–50 menit saja. Hal ini berbeda dengan negara-negara di Pasifik yang mempunyai tenggang waktu satu sampai tiga jam sampai tsunami datang. Waktu yang sangat cukup untuk menyelamatkan diri.

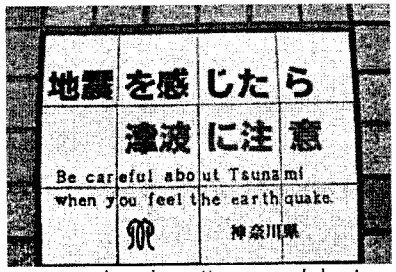
Sedikitnya tenggang waktu yang kita miliki ini dikarenakan jarak antara pusat gempa dan garis pantai tidak lebih dari 200 km. Akibat terbatasnya waktu untuk menyampaikan informasi dan fasilitas komunikasi yang belum memadai, membuat informasi yang disampaikan menjadi terlambat. Sehingga, sebelum informasi diterima oleh masyarakat, gelombang tsunami sudah menyapu pantai dan bencana pun terjadi.

Lalu, tindakan apa yang harus kita lakukan dalam menghadapi ancaman tsunami? Sudah adakah langkah-langkah yang dilakukan atau usaha ke arah itu dari pihak yang berwenang (pemerintah bekerja sama dengan institusi penelitian seperti bidang Geofisika, Seismologi, Vulkanologi, dan Oceanologi)? Perlukah

itu semua direalisasikan? Sudah jelas jawabannya adalah sangat perlu, karena akibat yang ditimbulkan tsunami menyangkut nyawa manusia. Untuk mengatasi kesulitan tersebut di atas, kesiapsiagaan merupakan jawaban paling tepat.

2. Penanggulangan Tsunami

Di beberapa pantai yang kerap terjadi tsunami, seperti di pantai-pantai Jepang dan Amerika telah dipasang papan peringatan tentang terjadinya potensi tsunami, seperti "Awas Tsunami!!!"



Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 9.10. Papan peringatan tsunami di pantai Jepang.

Di beberapa tempat juga dipasang sistem alarm yang menghubungkan peralatan deteksi tsunami dari instansi berwenang untuk memberikan peringatan. Di beberapa pantai di Jepang juga telah dibuat dinding beton penghalau agar dapat mengurangi laju tsunami. Dinding ini juga dibangun di tempat-tempat pengungsian. Dengan cara-cara ini, diharapkan potensi kerusakan yang akan ditimbulkan oleh tsunami dapat dikurangi.

Cara lain untuk mengantisipasi datangnya tsunami adalah dengan menjaga kelestarian dan keutuhan

pepohonan yang ada sekitar pantai. Bila lahan sekitar pantai sudah gundul atau berkurangnya pepohonan maka perlu adanya upaya reboisasi. Reboisasi dilakukan di sepanjang garis pantai. Semakin banyak pohon yang ada dan ditanam di sekitar pantai, membuat laju tsunami semakin berkurang dan terhambat sehingga mengurangi kerusakan yang ditimbulkan tsunami.

Sumber: http://www.e-dukasi.net

Gambar 9.11. Hutan Mangrove di pantai.

Dari uraian di atas, dapat kita simpulkan bahwa penanggulangan tsunami dapat dilakukan dari dua pihak yaitu pihak masyarakat sendiri dan pihak pemerintah setempat.

a. Pihak Masyarakat

Berikut hal-hal yang dapat dilakukan masyarakat sebagai upaya untuk mengurangi risiko dampak tsunami di antaranya adalah:

1) Hindari bertempat tinggal atau tinggal di daerah sekitar 100 meter dari tepi pantai. Berdasarkan penelitian, daerah ini merupakan daerah yang akan mengalami kerusakan terparah setelah tsunami, badai, dan angin ribut terjadi.
2) Disarankan untuk menanam tanaman yang mampu menahan gelombang, seperti palem, waru, camplung, beringin, atau sejenisnya.
3) Ikuti tata guna lahan yang telah ditetapkan oleh pemerintah setempat.

b. Pihak Pemerintah Setempat

Berikut adalah langkah-langkah yang dapat diambil oleh pihak-pihak yang terkait.

1) Mengidentifikasi daerah rawan gempa di seluruh penjuru dari Sabang sampai Merauke.
2) Memberikan penyuluhan terhadap penduduk yang tinggal di daerah pantai rawan tsunami, tidak terkecuali aparat atau instansi terkait di wilayah tersebut.
3) Memproteksi daerah pantai (yang rawan tsunami), di antaranya dengan membuat "jalur hijau" sejauh + 200 m dari garis pantai sebagai penahan gelombang sekaligus untuk melestarikan batu karang yang berfungsi sebagai pemecah gelombang.

4) Menetapkan, menganjurkan, dan menata letak pemukiman yang seharusnya berada di belakang jalur hijau, sehingga terlindung dari ancaman gelombang tsunami. Kalaupun terpaksa dibangun di dekat pantai, rumah yang baik adalah rumah panggung dengan bagian bawah kosong untuk memungkinkan gelombang lewat.
5) Membuat dasar hukum (peraturan) yang jelas, kuat, dan tegas dalam upaya pengaturan tata guna lahan yang terletak di daerah pantai rawan tsunami.
6) Ada perhatian serius dari pemerintah, sehingga antisipasinya dapat lebih terarah.
7) Membentuk suatu sistem peringatan dini tsunami (*tsunami warning system*).
8) Meningkatkan kerja sama dengan **PTWS** (*Pacific Tsunami Warning System*), yang memang bertugas menangani tsunami Samudra Pasifik.

Seandainya hal-hal tersebut di atas dapat dilakukan, mungkin jumlah korban akan terkurangi bahkan dihindari sebagai tindakan preventif. Korban yang berjatuhan tidak akan sebanyak seperti tsunami di Sulawesi Tengah (14 Agustus 1968) yang menelan korban 200 orang, tsunami Majene (23 Februari 1969) dengan korban 64 orang, tsunami Sumbar (19

Agustus 1977) dengan korban 169 orang, tsunami Larantuka (25 Desember 1982) dengan korban 13 orang, tsunami Flores (12 Desember 1992) yang memakan korban 2.100 orang, dan masih banyak lagi. Tidak cukupkah hal ini dijadikan sebagai pelajaran yang perlu dicermati dengan serius? Siapa yang dapat melawan datangnya "Kuasa Alam?" Tetapi, siap siaga masih lebih baik daripada tidak sama sekali.

J. Saat dan Sesudah Tsunami Datang

Ada beberapa langkah yang harus Anda lakukan saat terjadi tsunami dan sesaat setelah terjadi tsunami, di antaranya:

1. Saat Gelombang Tsunami Datang

a. Jangan panik.
b. Jangan menjadikan gelombang tsunami sebagai tontonan. Apabila gelombang tsunami dapat dilihat, berarti kita berada di kawasan yang berbahaya.
c. Jika air laut surut dari batas normal, tsunami mungkin terjadi.
d. Bergeraklah dengan cepat ke tempat yang lebih tinggi serta ajaklah keluarga atau orang-orang di sekitar turut serta. Tetaplah di tempat yang aman sampai air laut benar-benar surut. Jika Anda sedang berada di

pinggir laut atau dekat sungai, segera berlari sekuat-kuatnya ke tempat yang lebih tinggi. Jika memungkinkan, berlarilah menuju bukit yang terdekat.
e. Jika situasi memungkinkan, pergilah ke tempat evakuasi yang sudah ditentukan.
f. Jika situasi tidak memungkinkan untuk melakukan tindakan seperti di atas, carilah bangunan bertingkat yang bertulang baja (*ferroconcrete building*), gunakan tangga darurat untuk sampai ke lantai yang paling atas (sedikitnya sampai ke lantai 3).
g. Jika situasi memungkinkan, pakai jaket hujan dan pastikan tangan Anda bebas dan tidak membawa apa-apa

2. Sesudah Gelombang Tsunami Datang

a. Ketika kembali ke rumah, jangan lupa memeriksa kerabat satu per satu.
b. Jangan memasuki wilayah yang rusak, kecuali setelah dinyatakan aman.
c. Hindari instalasi listrik.
d. Datangi posko bencana untuk mendapatkan informasi Jalinlah komunikasi dan kerja sama degan warga sekitar.
e. Bersiaplah untuk kembali ke kehidupan yang normal.

Bab 10

Tanah Longsor

Jenis tanah pelapukan yang sering dijumpai di Indonesia adalah hasil letusan gunung berapi. Tanah ini memiliki komposisi sebagian besar lempung dengan sedikit pasir dan bersifat subur. Tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan/punggungan dengan kemiringan sedang hingga terjal berpotensi mengakibatkan tanah longsor pada musim hujan dengan curah hujan berkuantitas tinggi. Jika perbukitan tersebut tidak ada tanaman keras berakar kuat dan dalam, maka kawasan tersebut rawan bencana tanah longsor.

A. Pengertian Tanah Longsor

Tanah longsor, atau dalam bahasa Inggris disebut *landslide*, adalah perpindahan mendadak sebidang tanah dalam jumlah besar yang biasanya terjadi pada musim hujan. Keadaan bisa diperburuk dengan bencana banjir yang biasanya menyusul kemudian. Proses terjadinya tanah longsor adalah air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin sehingga tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

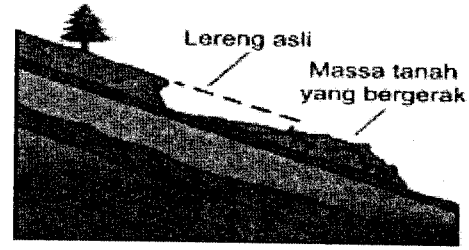
Daerah yang mempunyai tebing terjal tanpa tumbuh-tumbuhan yang menopang tanah (akibat penebangan atau kebakaran hutan) adalah daerah yang paling rawan akan bencana tanah longsor.

B. Jenis-jenis Tanah Longsor

Sebenarnya, tanah longsor dapat dikelompokkan menjadi 6, yaitu longsoran translasi, longsoran rotasi, pergerakan blok, runtuhan batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Tanah longsor jenis longsoran translasi dan rotasi yang paling sering terjadi di Indonesia. Sedangkan longsoran yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

1. Longsoran Translasi

Longsoran translasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.

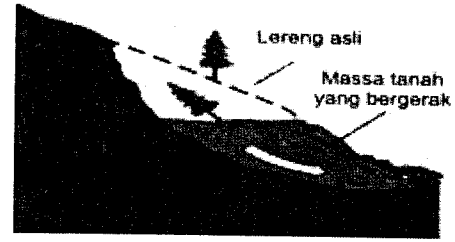


Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

Gambar 10.1. Ilustrasi longsoran translasi.

2. Longsoran Rotasi

Longsoran rotasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.

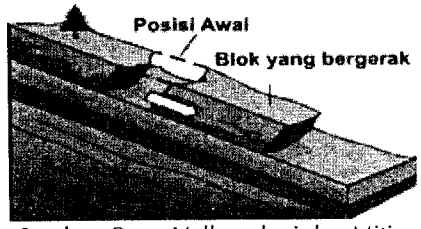


Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

Gambar 10.2. Ilustrasi longsoran rotasi.

3. Pergerakan Blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu.



Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

Gambar 10.3. Ilustrasi longsoran blok.

4. Runtuhan Batu

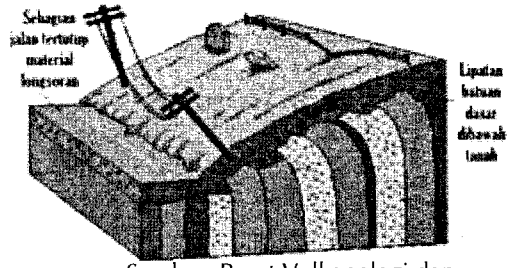
Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Runtuhan ini umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung, terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

Gambar 10.4. Ilustrasi runtuhan batu.

5. Rayapan Tanah

Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama, longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.

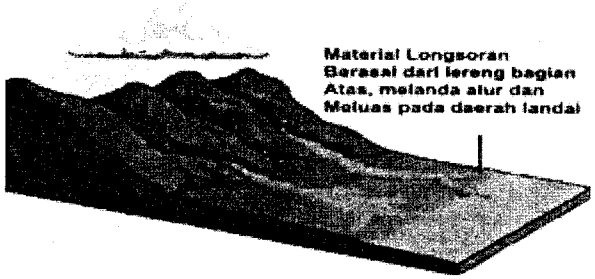


Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

Gambar 10.5. Ilustrasi rayapan tanah.

6. Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume, tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter. Di beberapa tempat, bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.



Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

Gambar 10.6. Ilustrasi aliran bahan rombakan.

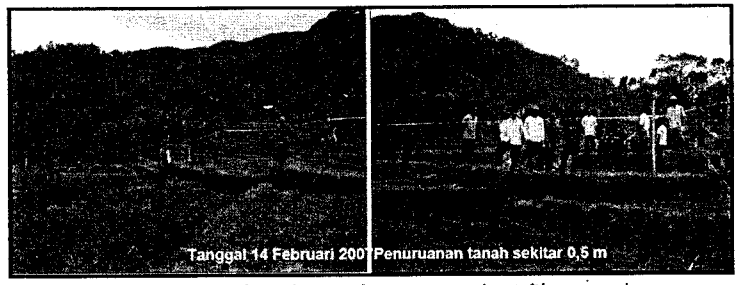
C. Ciri-Ciri Terjadinya Tanah Longsor

Hampir setiap kejadian alam pasti ada tanda-tanda sebelum kejadian. Walaupun gempa yang masih sulit dicari tanda-tanda datangnya, namun boleh dikata hampir semua bencana selalu dimulai dengan tanda-tanda khusus. Pengamatan yang benar tentunya harus sambil berpikir ketika melihat tanda-tanda itu, kalau tidak mengenali akhirnya hanya bisa panik. Begitu juga dengan bencana tanah longsor ini.

Longsoran memang terjadi secara mendadak, bahkan kecepatan longsoran ini menurut perhitungan ahli *geotechnique* bisa mencapai puluhan kilometer per jam. Jadi, bagi kita yang tidak mengetahui tanda-tandanya, tidak akan sempat untuk menghindar. Sebenarnya, melihat tanda-tanda akan datangnya tanah longsor itu relatif mudah. Berikut tanda-tanda yang biasanya timbul sebelum longsoran tanah terjadi.

1. Munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing.
2. Biasanya terjadi setelah hujan.
3. Munculnya mata air baru secara tiba-tiba.
4. Tebing rapuh dan kerikil mulai berjatuhan.
5. Terjadi penurunan tanah secara perlahan dalam jangka waktu tertentu

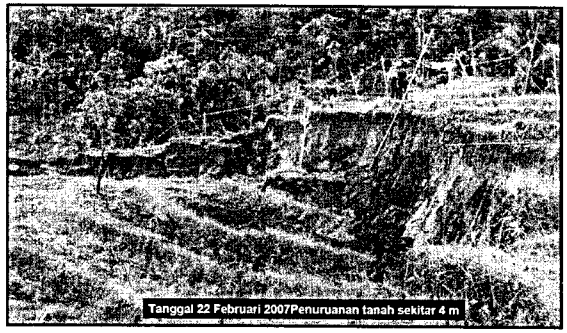
Perhatikan gambar berikut. Gambar ini menunjukkan kondisi dari sebuah lereng di Madiun yang diamati pada tanggal 14 Februari 2007.



Sumber: http://dongenggeologi.files.wordpress.com

Gambar 10.7. Kondisi tanah di lereng Madiun tanggal 14 Februari 2007.

Setelah beberapa hari, tanggal 22 Februari 2007, dilakukan pengamatan pada lereng yang sama. Ternyata, selang waktu yang hanya 8 hari, tanah sudah mengalami penurunan setinggi 4 m.



Sumber: http://dongenggeologi.files.wordpress.com

Gambar 10.8. Kondisi tanah di lereng Madiun tanggal 22 Februari 2007.

Kondisi tanah seperti inilah yang dimaksud dengan tanah rawan longsor. Seandainya di bawah lereng tersebut terdapat pemukiman penduduk, disarankan untuk segera mengevakuasi diri dengan mengungsi ke daerah yang lebih aman, terutama saat hujan turun deras, setelah terjadi gempa, atau hal-hal lain yang memicu tanah menjadi longsor.

D. Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban, serta berat jenis tanah batuan.

Berikut beberapa factor penyebab terjadinya tanah longsor:

1. Hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan.

Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan di permukaannya, tanah longsor dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga akan berfungsi mengikat tanah. Namun, apabila tidak ada tumbuhan yang berakar kuat, maka tanah longsor akan terjadi.

2. Lereng yang Terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180° apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

3. Tanah yang Kurang Padat dan Tebal

Sumber: http://upload.wikimedia.co.id

Gambar 10.9. Kondisi tanah yang kurang padat.

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dan sudut lereng lebih dari 220°. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu, tanah ini juga sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena

menjadi lembek saat terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

4. Batuan yang Kurang Kuat

Sumber: http://upload.wikimedia.co.id

Gambar 10.10. Kondisi batuan yang kurang kuat.

Batuan endapan gunung berapi dan batuan sedimen berukuran pasir serta campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan. Pada umumnya batuan ini juga rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

5. Jenis Tata Lahan

Sumber: http://upload.wikimedia.co.id

Gambar 10.11. Contoh tata lahan di lereng pegunungan.

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan, akar-akar tanaman kurang kuat untuk mengikat butir tanah. Hal ini membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan, penyebab tanah longsor adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsoran yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsoran lama.

6. Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai, dan dinding rumah menjadi retak. Untuk daerah lereng, tanah menjadi tidak stabil sehingga akan longsor.

7. Susut Muka Air Danau atau Bendungan

Akibat susutnya muka air yang cepat di danau maka gaya penahan lereng menjadi hilang. Dengan sudut kemiringan waduk 220°, maka tanah akan mudah longsor dan terjadi penurunan tanah yang biasanya diikuti oleh retakan.

8. Adanya Beban Tambahan

Adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng dan kendaraan yang lewat, akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor. Hal sering terjadi terutama di sekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Akibatnya adalah sering terjadinya penurunan tanah dan retakan yang mengarah ke lembah.

9. Pengikisan/Erosi

Sumber: http://upload.wikimedia.co.id

Gambar 10.12. Penebangan pohon di hutan.

Pengikisan banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing. Selain itu akibat penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai, membuat tebing menjadi terjal. Hal ini akan mendorong terjadinya tanah longsor.

10. Adanya Material Timbunan pada Tebing

Untuk mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman, umumnya dilakukan pemotongan tebing dan penimbunan lembah. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan dengan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya. Sehingga apabila hujan turun, akan terjadi penurunan tanah yang kemudian diikuti dengan retakan tanah.

11. Bekas Longsoran Lama

Longsoran lama umumnya terjadi selama dan setelah terjadi pengendapan material gunung berapi pada lereng yang relatif terjal. Longsoran lama juga dapat terjadi pada saat atau sesudah terjadi patahan kulit bumi. Berikut ciri-ciri bekas longsoran lama.

a. Adanya tebing terjal yang panjang melengkung membentuk tapal kuda.
b. Umumnya dijumpai mata air dan pepohonan yang ada relatif tebal karena tanahnya gembur dan subur.
c. Daerah badan longsor bagian atas umumnya relatif landai.
d. Dijumpai longsoran kecil terutama pada tebing lembah.
e. Dijumpai tebing-tebing relatif terjal yang merupakan bekas longsoran kecil pada longsoran lama.
f. Dijumpai alur lembah dan pada tebingnya dijumpai retakan dan longsoran kecil.
g. Longsoran lama ini cukup luas.

12. Adanya Bidang Diskontinuitas (Bidang tidak Sinambung)

Bidang tidak sinambung ini memiliki ciri:

a. bidang berlapis batuan,
b. bidang kontak antara tanah penutup dengan batuan dasar,

c. bidang kontak antara batuan yang retak-retak dengan batuan yang kuat,
d. bidang kontak antara batuan yang dapat melewatkan air dengan batuan yang tidak melewatkan air (kedap air),
e. bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang padat,
f. bidang-bidang tersebut merupakan bidang lemah dan dapat berfungsi sebagai bidang luncuran tanah longsor.

13. Penggundulan Hutan

Tanah longsor umumnya banyak terjadi di daerah yang relatif gundul di mana pengikatan air tanah sangat kurang.

14. Daerah Pembuangan Sampah

Penggunaan lapisan tanah yang rendah untuk pembuangan sampah dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan tanah longsor, terlebih dengan adanya guyuran hujan, seperti yang terjadi di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Leuwigajah, Cimahi. Bencana ini menyebabkan sekitar 120 orang lebih meninggal.

E. Wilayah Rawan Tanah Longsor

Setidaknya terdapat 918 lokasi rawan longsor di Indonesia. Setiap tahunnya, kerugian yang ditanggung akibat bencana tanah longsor sekitar 800 miliar rupiah. Sedangkan jiwa yang terancam sekitar 1 juta. Berikut beberapa daerah yang memiliki rawan longsor.

No.	Lokasi	Banyaknya
1	Jawa Tengah	327 lokasi
2	Jawa Barat	276 lokasi
3	Sumatra Barat	100 lokasi
4	Sumatra Utara	53 lokasi
5	Yogyakarta	30 lokasi
6	Kalimantan Barat	23 lokasi
7	Sisanya tersebar di NTT, Riau, Kalimantan Timur, Bali, dan Jawa Timur.	

Sejak tahun 2003 sampai tahun 2005, Indonesia telah mengalami beberapa kali bencana tanah longsor. Berikut daftar kejadian bencana tanah longsor yang dapat dicatat.

No.	Provinsi	Jumlah Kejadian	Korban Jiwa		RH	RR	RT	LPR (ha)	JL (m)
			MD	LL					
1.	Jawa Barat	77	166	108	198	1751	2290	140	705
2.	Jawa Tengah	15	17	9	31	22	200	1	75

3.	Jawa Timur	1	3	-	-	27	-	70	-
4.	Sumatera Barat	5	63	25	16	14	-	540	60
5.	Sumatera Utara	3	126	-	1	40	8	-	80
6.	Sulawesi Selatan	1	33	2	10	-	-	-	-
7.	Papua	1	3	5	-	-	-	-	-
	Jumlah	103	411	149	256	1854	2498	751	920

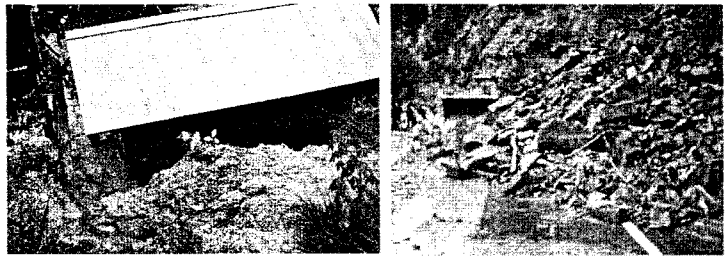
Keterangan :

MD : Meninggal dunia
ML : Luka - luka
RR : Rumah rusak
RH : Rumah hancur
RT : Rumah terancam
BLR : Bangunan lainnya rusak
BLH : Bangunan lainnya hancur
LPR : Lahan pertanian rusak (dalam hektar)
JL : Jalan terputus

Dari tabel di atas, tampak bahwa kejadian bencana dan jumlah korban bencana tanah longsor di provinsi Jawa Barat lebih besar dibandingkan dengan provinsi lainnya. Hal demikian disebabkan oleh faktor geologi, morfologi, curah hujan, dan jumlah penduduk, serta kegiatannya. Secara umum, ciri-ciri daerah yang rawan tanah longsor adalah:

1. daerah berbukit dengan kelerengan lebih dari 20 derajat,
2. lapisan tanah tebal di atas lereng,
3. sistem tata air dan tata guna lahan yang kurang baik,
4. lereng terbuka atau gundul,
5. terdapat retakan tapal kuda pada bagian atas tebing,
6. banyaknya mata air/rembesan air pada tebing disertai longsoran-longsoran kecil,
7. adanya aliran sungai di dasar lereng,
8. beban yang berlebihan pada lereng seperti, misalnya adanya bangunan rumah atau sarana lainnya,
9. pemotongan tebing untuk pembangunan rumah atau jalan,
10. pernah terjadi tanah longsor di daerah tersebut,
11. memiliki topografi yang terjal, dan
12. merupakan daerah penampungan aliran air hujan.

Bencana tanah longsor ini memberikan dampak yang tidak kalah besar jika dibandingkan dengan dampak gempa bumi. Tanah, rumah, sawah, semua harta benda, bahkan nyawa dapat terkubur bersama tanah longsoran.



Sumber: http://bnpb.go.id dan http://blogbintang.com

Gambar 10.13. Rumah dan jalan yang tertimpa tanah longsor.

F. Tahapan Mitigasi Bencana Tanah Longsor

1. Pemetaan

Menyajikan informasi visual tentang tingkat kerawanan bencana alam geologi di suatu wilayah. Informasi ini digunakan sebagai masukan kepada masyarakat atau pemerintah kabupaten/kota dan provinsi sebagai dasar untuk melakukan pembangunan wilayah agar terhindar dari bencana.

2. Penyelidikan

Melakukan penyelidikan pada saat dan setelah terjadi bencana sehingga dapat diketahui penyebab dan cara penanggulangannya.

3. Pemeriksaan

Mempelajari penyebab dan dampak dari suatu bencana sehingga dapat digunakan dalam perencanaan penanggulangan bencana dan rencana pengembangan wilayah.

4. Pemantauan

Pemantauan dilakukan di daerah rawan bencana. Pada daerah strategis secara ekonomi dan jasa agar diketahui secara dini tingkat bahaya oleh pengguna dan masyarakat yang bertempat tinggal di daerah tersebut.

5. Sosialisasi

Memberikan pemahaman kepada pemerintah provinsi/kabupaten/kota atau masyarakat umum tentang bencana alam tanah longsor dan akibat yang ditimbulkannya. Sosialisasi dilakukan dengan berbagai cara, antara lain mengirimkan poster, booklet, dan leaflet atau dapat juga secara langsung kepada masyarakat dan aparat pemerintah.

6. Pemeriksaan Bencana Longsor

Pemeriksaan ini bertujuan mempelajari penyebab, proses terjadinya, kondisi bencana, dan tata cara penanggulangan bencana di suatu daerah yang dilanda bencana tanah longsor.

G. Tindakan yang Dilakukan Selama dan Sesudah Tanah Longsor

1. Upaya Menghindari Tanah Longsor

a. Jangan mencetak sawah dan membuat kolam pada lereng bagian atas di dekat pemukiman.
b. Buatlah terasering (sengkedan) untuk areal persawahan yang berada di daerah lereng.
c. Segera menutup retakan tanah dan dipadatkan agar air tidak masuk ke dalam tanah melalui retakan.
d. Jangan melakukan penggalian di bawah lereng terjal.
e. Jangan menebang pohon di daerah lereng.
f. Jangan mendirikan pemukiman di tepi lereng yang terjal.
g. Jangan mendirikan bangunan di bawah tebing yang terjal.
h. Jangan memotong tebing jalan menjadi tegak.
i. Jangan mendirikan rumah di tepi sungai yang rawan erosi.
j. Waspada terhadap mata air/rembesan air pada lereng.
k. Waspada pada saat curah hujan yang tinggi pada waktu yang lama.

2. Tindakan Saat Terjadi Tanah Longsor

a. Tanggap Darurat
Yang harus dilakukan dalam tahap tanggap darurat adalah penyelamatan dan pertolongan korban secepatnya supaya korban tidak bertambah. Dalam tanggap darurat ini, ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain kondisi medan, kondisi bencana, peralatan, dan informasi bencana.
b. Segera hubungi pihak terkait dan lakukan pemindahan korban dengan hati-hati.
c. Segera lakukan pemindahan penduduk ke tempat yang aman.

3. Tindakan Setelah Terjadi Tanah Longsor

a. Rehabilitasi
Rehabilitasi adalah upaya pemulihan korban dan prasarananya yang meliputi kondisi sosial, ekonomi, dan sarana transportasi. Selain itu, perlu juga dikaji tentang perkembangan tanah longsor dan teknik pengendaliannya supaya tanah longsor tidak berkembang. Perlu dilakukan penentuan relokasi korban tanah longsor bila tanah longsor sulit dikendalikan.

b. Rekonstruksi

Sebenarnya, penguatan bangunan infrastruktur di daerah rawan longsor tidak menjadi pertimbangan utama untuk mitigasi kerusakan yang disebabkan oleh tanah longsor. Hal ini dikarenakan kerentanan untuk bangunan-bangunan yang dibangun pada jalur tanah longsor hampir 100%. Namun, tidak ada salahnya Anda melakukan perlindungan dan perbaikan yang pada tempat-tempat hunian.

Beberapa tambahan perlindungan tersebut, antara lain:

1) perbaikan drainase tanah (menambah materi-materi yang dapat menyerap),
2) modifikasi lereng (pengurangan sudut lereng sebelum pembangunan),
3) vegetasi kembali lereng-lereng, dan
4) beton-beton yang mampu menahan tembok sehingga diharapkan dapat menstabilkan lokasi hunian.

Bab 11

Trauma Psikologis Pasca Gempa

Gempa berkekuatan 7,9 skala Richter di Sumatera Barat kembali menyebabkan duka baru bagi kita, setelah sebelumnya berbagai pengalaman gempa dalam 5 tahun terakhir ini telah menyita perhatian dan energi kita. Sampai saat ini, sejak gempa terjadi, telah ratusan orang ditemukan meninggal dunia, ratusan lain masih hilang, dan ribuan orang harus kehilangan tempat tinggal. Bencana memang dapat terjadi kapan saja, di mana saja, dan mengenai siapa saja. Tetapi, bencana seharusnya membuat kita lebih sigap dan antisipatif karena sebagai sebuah

negara yang berada pada posisi *ring of fire*, seperti negara kita ini, pasti akan terus-menerus diguncang oleh bencana gempa bumi.

Bencana gempa yang secara beruntun terus-menerus terjadi seharusnya menyebabkan kita memiliki *grand design* yang baku terhadap para korban yang selamat (*the survivors*) gempa. Selama ini, upaya yang kita lakukan masih pada persoalan fisik seperti upaya evakuasi, tanggap darurat, serta alokasi dana. Penanganan trauma psikologis korban gempa masih belum dipikirkan secara serius. Mengapa penanganan trauma psikologis ini penting?

Trauma psikologis sebenarnya muncul sebagai manifestasi dari pengalaman mengerikan. Penderitanya adalah mereka yang merupakan korban hidup yang secara fisik selamat, tetapi secara mental masih berada dalam tekanan psikologis dan terus-menerus berada dalam keadaan tersebut. Badan kesehatan dunia (WHO) memperkirakan bahwa dalam setiap bencana, sebanyak 50 persen korban selamat akan mengalami trauma psikologis ini. Di antara mereka yang mengalaminya, sebanyak 5 sampai 10 persen akan mengalami manifestasi yang berat. Bahkan, ada pakar yang menyebutkan angka ini mencapai 10–20%.

A. Gejala-Gejala Trauma Psikologis

Bentuk-bentuk dari trauma psikologis ini bervariasi, mulai dari bentuk ringan sampai dengan berat. Trauma yang ringan di antaranya adalah kecemasan, sedangkan trauma terberat adalah *post-traumatic stress disorder* (PTSD). Manifestasi berat ini dapat berbentuk halusinasi dan depresi berat serta gangguan fisik, antara lain pada pendengaran dan mata. Beberapa kasus ancaman bunuh diri dapat juga terjadi pada mereka yang merasa bersalah berat karena tidak dapat menolong keluarganya ketika bencana terjadi.

Sumber: http://kosmo.vivanews.com

Gambar 11.1. Anak trauma.

Dalam bencana apa pun, anak-anak adalah kelompok usia yang rentan akan dampak trauma psikologis ini. Gejala-gejala yang timbul adalah:

1. sering menangis,
2. wajah tegang,
3. mudah marah dan sering berteriak,
4. mimpi buruk,
5. tidak mau makan dan tidak mau bermain,

6. menyendiri, berdiam diri, dan tertutup,
7. mudah terkaget, serta masih banyak lagi.

Dalam jangka panjang, hal ini dapat menyebabkan kecemasan, perilaku yang menyimpang, dan kesulitan belajar. Masalah ini akan semakin berat ketika anak-anak harus kehilangan orang tua atau sosok yang dekat dengan mereka selama ini. Secara umum, trauma psikologis yang dialami oleh korban yang selamat dikarenakan beberapa faktor yang dapat terjadi sendiri-sendiri atau bersamaan. Beberapa faktor tersebut, diakibatkan kehilangan anggota keluarga, kehilangan pekerjaan, atau kehilangan situasi sosial yang dijalani sebelumnya.

Gempa telah mengubah kehidupan si anak menjadi berubah. Semua hal di sekitarnya hancur, sekolah ambruk, dan tak ada lagi tempat bermain. Akibatnya, perilaku dan kejiwaan dapat berubah drastis setelah gempa, terutama karena si anak tidak dapat beradaptasi dengan kondisi baru.

Pengalaman traumatis itu akan terekam di dalam alam bawah sadar dan akan terus terbawa sepanjang sisa hidup mereka. Bila hal ini tidak ditangani dengan segera, akan dapat mengganggu kesehatan, proses tumbuh, dan berkembangnya anak. Usia anak daya tahan tubuhnya rentan, ditambah gangguan asupan gizi, trauma panas, hujan dan dingin, serta

trauma psikis akan memperburuk keadaan. Berbagai keadaan tersebut akan mengakibatkan daya tahan tubuh menurun dan mudah terserang penyakit dan ancaman jiwa pasca gempa.

Untuk itu, peran orang tua sangat dibutuhkan untuk menyeimbangkan kejiwaan si anak. Penanganan trauma memang membutuhkan tenaga medis, namun untuk keseharian, orang tua yang ambil peran. Dalam hal ini, orang tua harus memberikan penjelasan bagaimana gempa itu terjadi dan pengaruhnya ke kehidupan si anak. Orang tua juga harus dapat meyakinkan pada anak bahwa kehidupan si anak tidak akan berubah. Apabila terjadi bencana kembali, orang tua akan selalu ada untuk menolongnya.

B. Antisipasi Trauma Psikologis

Masa tanggap darurat adalah masa untuk melakukan penyelamatan secara fisik. Tetapi, ketika masa itu selesai sesungguhnya persoalan trauma psikologis akan segera dihadapi. Kemunculan dari trauma psikologis ini dapat bervariasi. Riset yang pernah dilakukan menemukan bahwa kebanyakan trauma psikologis akan muncul setelah 2–3 minggu setelah bencana.

Oleh karena itu, seharusnya sejak bencana terjadi sudah mulai dibuka beberapa pusat layanan dan konseling yang menyediakan bantuan pelayanan

psikologis. Pengalaman membuktikan bahwa penderita trauma psikologis yang ditolong dengan adanya layanan ini lebih cepat mengalami pemulihan dibandingkan dengan yang tidak. Bukan hanya pemulihan, gejala trauma psikologis juga dapat dipersempit sehingga manifestasinya tidak meluas dan menjadi pengalaman alam bawah sadar yang terus-menerus akan mengganggu penderitanya.

Pusat layanan kesehatan pemulihan trauma psikologis ini dapat diintegrasikan dengan pelayanan kesehatan umum, dapat juga disendirikan. Yang terpenting, sarana ini terdiri dari para konselor, tenaga psikolog, pendidik, dan pakar kesehatan mental. Pusat layanan ini bekerja secara perlahan. Apabila diperlukan, mereka menetap dalam jangka waktu yang lebih lama dari rehabilitasi fisik.

Selain itu, sudah diketahui pula bahwa pendekatan pemulihan melalui komunitas akan sangat menolong memulihkan trauma psikologis ini. Dukungan sosial dari sesama warga yang menjadi korban, ternyata sangat membantu pemulihan. Tradisi kekerabatan dalam adat Minangkabau tampaknya dapat digunakan untuk membantu kerabat yang lain sehingga dapat pulih dengan cepat dari traumanya. Menggunakan *setting* lokal untuk mendukung pemulihan para korban terutama anak-anak akan sangat menguntungkan.

Secara umum, penanggulangan dampak trauma psikologis pasca gempa dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu trauma untuk orang dewasa (termasuk orang dewasa dan orang tua) serta trauma untuk anak-anak.

Berikut beberapa langkah yang dapat kita lakukan antara lain:

1. Penanggulangan Trauma pada Orang Dewasa

Seorang psikolog asal Turki, Meric Gozden, mengatakan bahwa terapi yang digunakan untuk menyembuhkan trauma pasca gempa ini misalnya dengan cara konseling, diskusi kelompok, dan berbagi informasi tentang bencana secara lebih mendalam.

"Melalui informasi yang benar mengenai gempa, diharapkan masyarakat akan lebih tahu dan lebih siap untuk menghadapi gempa sehingga tidak akan ada lagi trauma yang mendalam terhadap datangnya bencana alam," papar Merlic.

2. Penanggulangan Trauma pada Anak-Anak

Berikut beberapa terapi yang dapat dilakukan untuk menyembuhkan trauma psikologis pada anak.

a. Terapi dengan permainan.
b. Bernyanyi bersama dan bercerita

c. Lomba menggambar untuk anak-anak.
d. Terapi-terapi lain yang bertujuan agar anak dapat melupakan peristiwa buruk yang baru saja mereka alami.

Sumber: http://www.antarafoto.com

Gambar 11.2. Anak berebut kertas untuk melipat.

Kita berhadapan dengan bencana yang menimbulkan tragedi. Korban meninggal memang harus dievakuasi. Namun, jangan sampai para korban yang selamat juga menjadi korban dari bencana psikologis yang sesungguhnya dapat diantisipasi.

Bab 12

Persiapan Menghadapi Gempa

Gempa merupakan bencana yang paling berbahaya di dunia ini. Sudah banyak korban jiwa berjatuhan karena adanya bencana ini. Terjadinya gempa memang tidak dapat diprediksi waktunya oleh siapa pun. Gempa bumi datang secara tiba-tiba. Apabila kita tidak mempersiapkan untuk menghadapinya, sudah pasti kita juga akan menjadi korban.

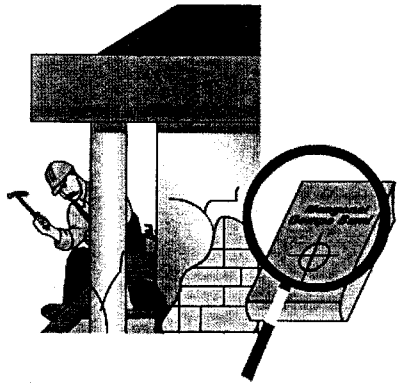
Apa yang seharusnya kita lakukan untuk menghadapi gempa? Sebelum gempa benar-benar kita alami, kita sebenarnya dapat mengantisipasinya agar risiko akibat gempa dapat kita minimalisir.

Berikut beberapa hal yang harus kita lakukan untuk mengurangi risiko gempa.

A. Sebelum Terjadi Gempa

Sebelum terjadi gempa, lakukan hal-hal berikut ini:

1. Mengenali apa yang dimaksud dengan gempa bumi. Carilah informasi sebanyak mungkin tentang bencana alam gempa bumi. Kita dapat mencarinya melalui buku-buku bacaan, internet, maupun orang-orang yang mengetahui banyak tentang bencana ini.
2. Memastikan bahwa struktur dan letak rumah kita sudah dapat terhindar dari bahaya yang disebabkan gempa bumi (tanah longsor, tsunami, dan sebagainya).
   a. Periksalah kekokohan fondasi rumah Anda.
   b. Apabila mempunyai saluran air panas dan gas, pastikan tertanam dengan kuat. Gunakan sambungan pipa yang lentur.
   c. Mengevaluasi dan merenovasi ulang struktur bangunan rumah agar terhindar dari bahaya gempa bumi.

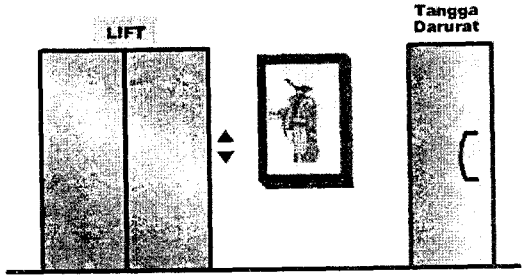


Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.1. Ilustrasi perbaikan rumah.

3. Jika Anda seorang pegawai di suatu perkantoran, lakukan hal berikut.
   a. Perhatikan letak pintu, lift, serta tangga darurat di kantor Anda. Sehingga, apabila terjadi gempa bumi, Anda sudah mengetahui tempat paling aman untuk berlindung.
   b. Belajarlah untuk melakukan Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (PPPK). Hal ini sangat penting dilakukan agar saat ada korban gempa, Anda dapat menyelamatkan dengan memberikan pertolongan pertama.
   c. Belajarlah untuk menggunakan alat pemadam kebakaran. Apabila terjadi kebakaran di kantor Anda akibat adanya gempa, Anda dapat segera menanganinya.

d. Mencatat nomor telepon penting yang dapat dihubungi, agar pada saat terjadi gempa bumi Anda dapat segera meminta bantuan pada pihak yang terkait.

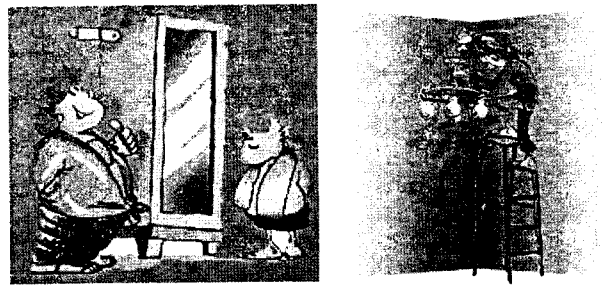


Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.2. Ilustrasi tangga darurat dan pintu keluar.

4. Tatalah perabot yang ada di rumah maupun di kantor agar tidak menjadi penyebab kecelakaan bagi Anda.
   a. Perabotan seperti lemari, kabinet, dan lainnya sebaiknya menempel dinding (diberi paku atau diikat). Hal ini untuk mencegah agar perabot-perabot tersebut tidak jatuh atau bergeser karena adanya gempa.
   b. Setiap saat periksalah kestabilan benda-benda yang dipasang menggantung agar tidak jatuh saat terjadi gempa. Hiasan gantung seperti lukisan dan cermin, jauhkan dari tempat tidur, sofa, atau kursi di mana orang duduk.

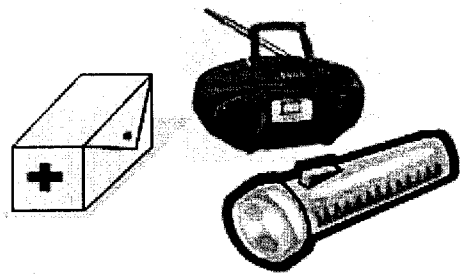
   c. Simpanlah bahan yang mudah terbakar pada tempat yang tidak mudah pecah. Hal ini dimaksudkan agar pada saat terjadi gempa bumi, bahan ini tidak meledak dan menyebabkan kebakaran.
   d. Simpanlah barang pecah belah di bagian bawah rak atau lemari yang berlaci dan dapat dikunci.



Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.3. Ilustrasi penataan perabot rumah.

5. Matikan air, gas, dan listrik jika tidak digunakan. Jika sewaktu-waktu terjadi gempa, alat-alat elektronik dalam keadaan mati sehingga terhindar dari kebakaran.
6. Alat-alat yang selalu tersedia di setiap tempat adalah kotak P3K, senter (lampu baterai, radio, makanan suplemen, kasur gulung, helm, dan air. Kasur dan helm dapat Anda gunakan untuk berlindung saat gempa terjadi.



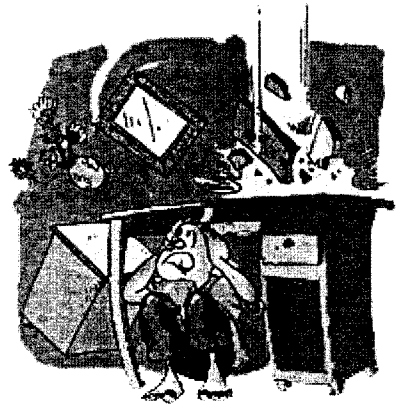
Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.4. Ilustrasi perlengkapan yang harus ada di rumah.

B. Saat Terjadi Gempa

1. Jika Anda di dalam rumah atau bangunan.
   a. Berusahalah keluar apabila masih dapat dilakukan. Keluarlah melalui tangga biasa (bukan lift) saat Anda di lantai 2 atau lebih dari suatu gedung.
   b. Jika tidak mungkin untuk keluar dari ruangan, lindungi kepala dan badan Anda dari reruntuhan bangunan.
   c. Carilah tempat yang paling aman untuk bersembunyi dari reruntuhan guncangan. Sebaiknya, bersembunyilah di bawah meja. Jangan sekali-kali Anda berlindung di bawah jendela dari kaca atau di balik tembok karena kaca mudah pecah dan tembok rawan runtuh yang justru akan menimpa Anda.

   d. Jika tidak ada meja, lindungi kepala Anda dengan bantal.



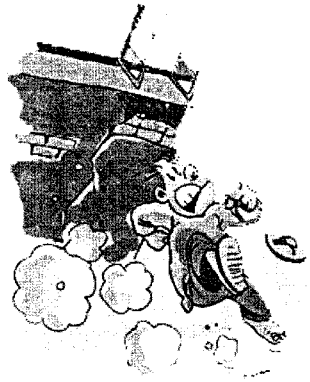
Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika

Gambar 12.5. Ilustrasi perlindungan diri saat gempa terjadi.

   e. Jika Anda sedang dan di dapur, segera matikan kompor yang sedang menyala sebelum melindungi diri dari reruntuhan. Hal ini untuk mencegah terjadinya kebakaran.
   f. Jika Anda sedang berada di mal, bioskop, atau lantai dasar suatu gedung, janganlah membuat kepanikan yang dapat membuat orang lain menjadi panik. Kondisi panik hanya akan membuat orang yang mempunyai penyakit jantung menjadi korban.
   g. Jika Anda berada di dalam lift, tekanlah semua tombol. Ketika lift berhenti, segeralah untuk keluar dan mencari jalan keluar ge

dung. Jika Anda terjebak dalam lift, hubungi petugas gedung dengan menggunakan *handphone* atau *interphone* jika tersedia.

2. Jika Anda di luar rumah atau di tempat terbuka.
   a. Lindungi kepala Anda dari benda-benda berbahaya, misalnya pecahan kaca atau reruntuhan bangunan yang ada di sekitar Anda. Anda dapat melindungi kepala dengan tangan, tas, atau apa pun yang Anda bawa.
   b. Hindarilah bangunan yang ada di sekitar Anda, misalnya gedung, tiang listrik, pohon, papan reklame, dan lain sebagainya.
   c. Perhatikan tempat Anda berpijak. Hindarilah tanah apabila terjadi rekahan.



Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

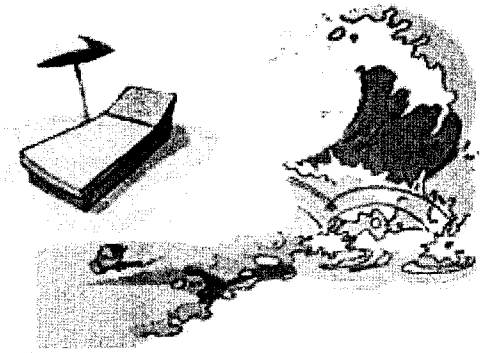
Gambar 12.6. Ilustrasi menghindari bangunan atau tembok saat gempa.

3. Jika Anda sedang mengendarai kendaraan (mobil), Anda akan merasa seakan-akan ban mobil Anda gundul. Biasanya sopir akan kehilangan kontrol terhadap mobil.
   a. Jauhilah simpangan dan secara perlahan berhentilah di tepi jalan. Berhentilah di tepi jalan yang tidak terdapat pohon besar atau papan reklame.
   b. Berusahalah untuk keluar, turun, dan menjauhi kendaraan Anda. Hal ini dilakukan untuk menghindari diri jika kendaraan kemudian terbakar karena gempa yang menggguncang bahan mudah terbakar di dalam mobil. Biarkan mobil dalam keadaan tidak terkunci.
   c. Lakukan P3K jika ada yang terluka.

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.7. Ilustrasi penyelamatan diri saat gempa terjadi.

4. Jika Anda berada di pantai.
   a. Jauhilah pantai untuk menghindari terjadinya tsunami.
   b. Jika tsunami sudah ada di depan mata, berlindunglah di daerah rimbunan, misalnya pohon, semak, rawa, dan sebagainya. Janganlah berlindung di balik tembok. Air justru akan merobohkan tembok. Air hanya akan pecah ombaknya (kekuatannya berkurang) saat menghantam semak-semak atau pohon.



Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

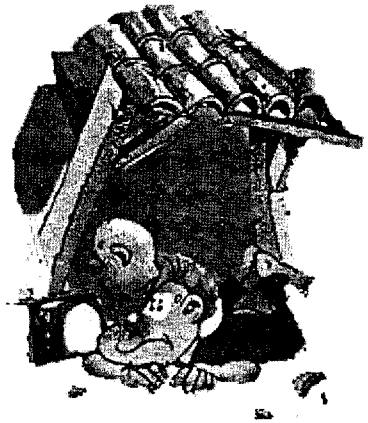
Gambar 12.8. Ilustrasi air tsunami yang dapat mengancam keselamatan kita.

5. Jika Anda berada di pegunungan, secepatnya jauhi daerah pegunungan. Hal ini untuk menghindari longsoran tanah yang mungkin terjadi karena guncangan gempa.

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.9. Ilustrasi tanah pegunungan rawan longsor yang harus kita hindari.

6. Dengarkan informasi mengenai gempa yang sedang terjadi melalui radio. Hal ini dilakukan agar Anda dapat mengetahui informasi lebih dini tentang kemungkinan yang akan terjadi, misalnya adanya tsunami atau gempa susulan. Dengan mengetahui informasi tersebut, Anda akan segera dapat mengambil tindakan lebih lanjut yang perlu dilakukan, misalnya mencari tempat yang lebih tinggi saat mendengar akan ada tsunami. Selain itu, masyarakat yang sedang mengalami gempa besar biasanya kejiwaannya akan terguncang. Dalam kondisi seperti ini, orang akan mudah untuk menerima informasi yang tidak jelas. Oleh karena itu, carilah informasi yang benar dari pihak berwenang, polisi, atau petugas PMK.



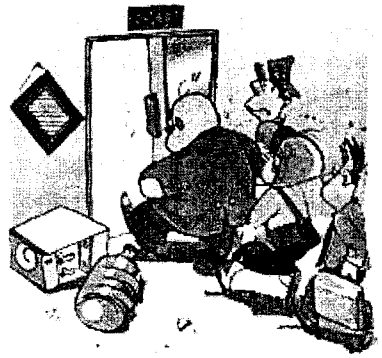
Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.10. Ilustrasi mencari informasi dengan mendengarkan radio.

7. Jika Anda berada di dalam kereta api, berpeganglah dengan erat pada tiang sehingga Anda tidak akan terjatuh seandainya kereta berhenti secara mendadak. Bersikaplah tenang dan dengarkan penjelasan dari petugas kereta. Salah mengerti terhadap informasi petugas kereta akan mengakibatkan kepanikan.
8. Pada saat Anda menyelamatkan diri, pastikan tidak ada anggota keluarga yang tertinggal. Jika perlu, ajaklah tetangga atau orang-orang yang Anda kenal untuk pergi bersama-sama.
9. Berdoalah dan pasrahkan semua yang sudah terjadi pada Allah Swt.

C. Setelah Terjadi Gempa

1. Jika Anda masih di dalam ruangan, segeralah keluar setelah gempa selesai. Gunakan tangga biasa jika Anda di lantai 2 atau lebih.



Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.11. Ilustrasi keluar rumah saat gempa selesai.

2. Periksalah, apakah orang-orang di sekitar kita ada yang terluka. Setelah menyelamatkan diri sendiri, bantulah orang yang terluka atau terjebak. Berilah pertolongan pertama kemudian hubungi petugas yang menangani bencana. Jangan coba memindahkan mereka yang mengalami luka serius karena justru akan memperparah luka.
3. Periksalah keamanan sekitar Anda. Berikut hal-hal yang perlu Anda periksa.

a. Adakah api atau ancaman kebakaran?
b. Adakah kebocoran gas? Tutuplah saluran gas jika diduga bocor dan jangan dibuka sebelum diperbaiki oleh ahlinya.
c. Adakah kerusakan saluran listrik? Matikan meteran listrik.
d. Adakah kerusakan kabel listrik? Menjauhlah dari kabel listrik meskipun meteran telah dimatikan.
e. Adakah barang-barang yang jatuh saat Anda membuka lemari?
f. Periksalah pesawat telepon. Pastikan telepon pada tempatnya.

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.12. Ilustrasi pemeriksaan kondisi rumah setelah gempa.

4. Bantulah tetangga yang memerlukan bantuan. Orang tua, anak-anak, ibu hamil, ibu menyusui, dan orang cacat merupakan prioritas dari pertolongan ini.
5. Janganlah masuk ke bangunan yang sudah mengalami gempa karena kemungkinan masih ada sisa-sisa runtuhan.

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Gambar 12.13. Ilustrasi kewaspadaan untuk kembali ke rumah.

6. Waspada dengan gempa susulan. Janganlah berjalan di sekitar daerah gempa. Sebagian besar gempa susulan lebih lemah dari gempa utama. Namun, meskipun lemah, gempa susulan juga dapat merobohkan bangunan yang memang sudah goyang karena gempa utama.
7. Tetaplah berada jauh dari bangunan. Anda dapat kembali ke rumah hanya jika pihak berwenang sudah mengumumkan keadaan aman.

8. Jika keadaan rumah memungkinkan untuk dimasuki, bersihkan rumah dari barang-barang yang mungkin berbahaya, termasuk gelas, kaca, obat-obatan yang tumpah, dan sebagainya. Berikut beberapa hal yang harus Anda perhatikan saat membersihkan dalam rumah.
   a. Janganlah Anda menggunakan korek api, lilin, kompor gas, atau obor sebagai penerangan. Sebaiknya, gunakan lampu senter yang aman dari arus listrik.
   b. Lindungi diri Anda dari ancaman tidak langsung akibat gempa. Gunakan celana panjang, baju lengan panjang, sepatu yang kuat, dan jika mungkin sarung tangan. Hal ini akan melindungi Anda dari luka akibat barang-barang yang pecah.
   c. Gunakan telepon rumah hanya jika dalam keadaan darurat yang mengancam jiwa.
   d. Tetap nyalakan radio untuk informasi laporan kerusakan atau keperluan relawan di daerah Anda.
   e. Kondisikan agar jalanan bebas rintangan sehingga memudahkan mobil darurat untuk melewatinya.
9. Isilah angket yang diberikan oleh instansi terkait untuk mendata kerusakan yang terjadi.

Bab 13

Membangun Rumah Tahan Gempa

Dilihat dari besarnya magnitudo, sebenarnya gempa di Yogyakarta tidaklah terlalu besar dibandingkan dengan gempa-gempa besar yang pernah terjadi. Namun, mengapa korban jiwa yang berjatuhan tidak kalah banyak dengan korban yang diakibatkan gempa lebih besar? Banyak faktor yang membuat korban jiwa akibat gempa Yogyakarta menjadi banyak.

Sumber dari gempa ini berada di daratan, yaitu di 25 km sebelah selatan barat daya Yogyakarta dan dengan kedalaman hanya 17,1 km dari permukaan

tanah menurut Departemen ESDM dan 11,3 km menurut BMKG. Hal ini jelas membuat daratan di sekitar sumber dan di sepanjang jalur gempa akan menerima getaran yang hebat. Selain karena sumber gempa yang ada di daratan, gempa ini terjadi pukul 05.55 WIB di saat orang sedang baru saja bangun tidur. Masyarakat belum sepenuhnya siap menghadapi peristiwa yang datang secara tiba-tiba dan membutuhkan kesiapan ekstra. Dari faktor-faktor tersebut, yang paling penting penyebab banyaknya korban adalah faktor ketidaksiapan diri dalam menghadapi gempa. Hal ini dapat dilihat dari masih banyaknya masyarakat yang belum tahu harus berbuat apa saat terjadi gempa. Selain itu juga masih banyaknya bangunan rumah yang dibangun dengan seadanya. Saat membangun rumah, tidak sekaligus dirancang menjadi bangunan yang tahan gempa. Bagaimanakah rumah yang tahan gempa itu? Mari kita bahas berikut ini.

Wilayah Indonesia mencakup daerah-daerah yang mempunyai tingkat risiko gempa tinggi di antara beberapa daerah gempa di seluruh dunia. Data-data terakhir yang berhasil direkam menunjukkan bahwa rata-rata setiap tahun terjadi sepuluh kegiatan gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan cukup besar di Indonesia. Sebagian terjadi pada daerah lepas pantai dan sebagian lagi pada daerah pemukiman.

Oleh karena itu, pada daerah pemukiman yang cukup padat, perlu adanya suatu perlindungan untuk mengurangi angka kematian penduduk dan kerusakan berat akibat guncangan gempa.

Dengan menggunakan prinsip teknik yang benar, detail konstruksi yang baik dan praktis, maka kerugian harta benda dan jiwa manusia dapat dikurangi. Dalam pembahasan berikut akan diuraikan faktor-faktor dasar dari guncangan gempa yang kemudian di uraikan prinsip-prinsip utamanya yang akan dipakai dalam membangun rumah tahan gempa.

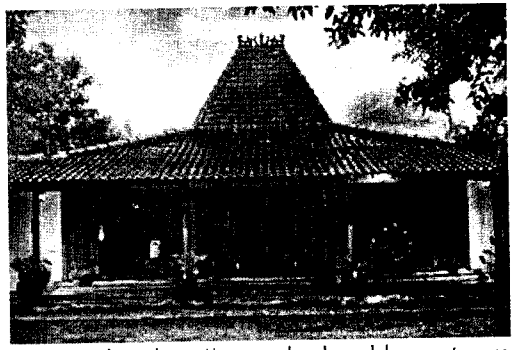
A. Beberapa Karakteristik Guncangan Gempa

Pada lokasi bangunan, gempa bumi akan menyebabkan tanah di bawah bangunan dan di sekitarnya terguncang juga bergerak secara tidak beraturan (random). Percepatan tanah terjadi dalam tiga dimensi membentuk kombinasi frekuensi getaran dari 0,5 Hertz sampai 50 Hertz. Jika bangunan kaku (fixed) terhadap tanah (tidak dapat tergeser), gaya inersia yang menahan percepatan tanah akan bekerja pada tiap-tiap elemen struktur dari bangunan selama gempa terjadi. Besarnya gaya-gaya inersia ini tergantung dari berat bangunannya. Semakin ringan suatu bangunan, berarti semakin kecil gaya inersia yang bekerja dalam elemen struktur tersebut.

Tanggung jawab sebagai orang yang berkecimpung dalam industri konstruksi adalah mendirikan bangunan sedemikian rupa sehingga bangunan tetap mampu berdiri menahan gaya-gaya inersia tersebut. Pertanyaan yang timbul kemudian, "Berapa kekuatan bangunan yang kita perlukan ?"

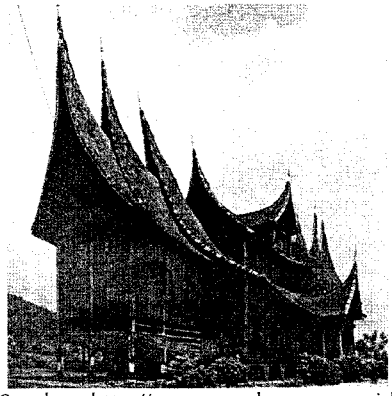
B. Rumah Peninggalan Nenek Moyang

Sebenarnya, sejak zaman dulu Indonesia sudah mempunyai rumah tahan gempa. Nenek moyang kita membangun rumah-rumah dengan mempertimbangkan kondisi alam. Hal ini dapat dilihat dari bukti nyata di lapangan. Dari sekian banyak gempa besar yang pernah terjadi di Indonesia, hampir semua rumah adat yang ada daerah tersebut tidak mengalami kerusakan yang berarti, misalnya Joglo di Yogyakarta dan rumah Gadang di Padang.



Sumber: http://ragam-budaya.blogspot.com

Gambar 13.1. Joglo, rumah adat Yogyakarta.



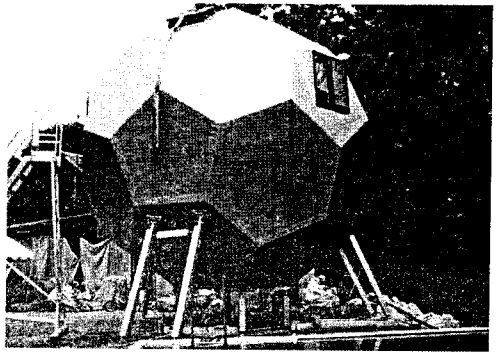
Sumber: http://www.sumbarprov.go.id

Gambar 13.2. Rumah gadang, rumah adat Padang.

Kini, dengan semakin berkembangnya teknologi, banyak diciptakan rumah-rumah modern, kita juga dapat membangun rumah modern tanpa meninggalkan konsep rumah tradisional. Para ahli di Jepang telah menciptakan rumah Barier sedangkan di Yogyakarta juga telah dirancang rumah dome.

Rumah Barier adalah rumah bola nomaden yang memiliki banyak keistimewaan, di antaranya tahan gempa dan dapat mengapung di air. Rumah bola ini dibuat berdasarkan Hukum Bernaulli yang berbunyi "jika ada angin berhembus di bawah suatu benda, maka benda tersebut akan mengalami tekanan gaya ke bawah". Dinding rumah ini terdiri dari 32 sisi. Rahasia dari rumah ini adalah pada sistem fondasinya. Dengan menggunakan struktur fondasi bebas (beda dengan rumah biasa) dan pemberian gaya yang

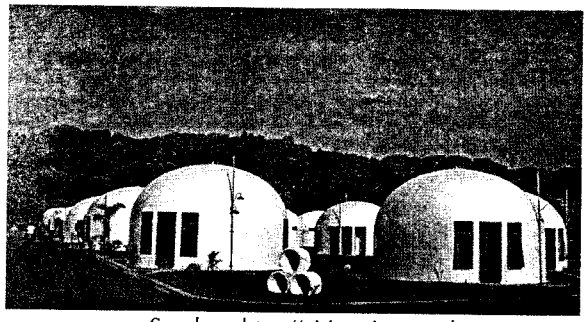
merata di 32 sisi dinding rumah bola ini, menyebabkannya memiliki kekuatan yang merata pada setiap bagiannya. Bahan rumah ini terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan sisi paling luar yang terbuat dari bahan urethane anti air, lapisan tengah yang terbuat dari agregat (kerikil) sehingga mampu mengalirkan udara untuk keluar masuk, dan lapisan dalam yang terbuat dari kayu. Jika terjadi banjir, rumah ini secara otomatis dapat mengapung di atas air. Rumah jenis ini dapat dimodifikasi sesuai degan keinginan.



Sumber: http://www.thedesignblog.org

Gambar 13.3. Rumah Barier.

Sementara di Indonesia, rumah tahan gempa jenis dome tergolong konsep revolusioner untuk konstruksi bangunan serba guna. Desain rumah ini mempunyai fleksibilitas tinggi, mudah dalam membangun, dan cukup kokoh. Konsep rumah ini seperti rumah orang Eskimo di daerah yang dingin.



Sumber: http://citizenimages.kompas.com

Gambar 13.4. Rumah Dome di desa Sengir, Prambanan, Yogyakarta.

C. Tingkat Pembebanan Gempa

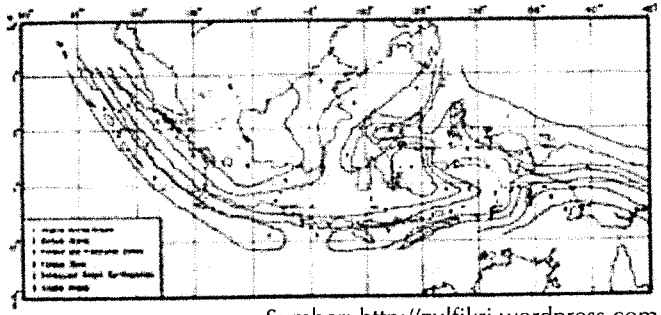
Pada tahun 1981, studi untuk menentukan besarnya beban gempa sudah dilakukan. Studi ini adalah proyek kerja sama antara pemerintah Indonesia dengan pemerintah New Zealand yang menghasilkan. Peraturan Muatan Gempa Indonesia. Pada konsep peraturan tersebut ada 2 (dua) kriteria pendekatan untuk menghitung pembebanan gempa.

Kriteria pertama, perencanaan pembebanan gempa dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kerusakan struktur atau kerusakan arsitektural setiap terjadi gempa. Kriteria kedua, meskipun terjadi gempa yang hebat bangunan tidak boleh runtuh tetapi hanya boleh kerusakan-kerusakan pada bagian struktur yang tidak utama atau kerusakan arsitektur saja.

Telah diketahui bahwa merencanakan bangunan tahan gempa cara elastis sangat tidak ekonomis. Untuk gempa yang besar, di mana kemungkinan terjadinya kira-kira 15% dari umur bangunan tersebut, dipakai harga perencanaan yang rendah. Besarnya harga beban rencana yang terjadi berhubungan dengan beberapa faktor berikut.

1. Faktor Lapangan (*Site*)

Gambar di bawah ini menunjukkan enam jalur gempa di Indonesia yang menentukan parameter dasar pembebanan. Parameter ini dimodifikasi untuk perhitungan pada kondisi tanah lunak di mana guncangan tanah akibat gempa akan diperbesar (mengalami pembesaran).



Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

Gambar 13.5. Enam jalur gempa di Indonesia.

Untuk Jakarta, pada zone 4 dan di atas tanah lunak, koefisien beban rencana lateral adalah 0,05

untuk struktur yang kaku seperti perumahan bertingkat rendah).

2. Faktor Bangunan

Beban yang terjadi pada suatu bangunan juga tergantung pada keadaan (*features*) dari bangunan tersebut, yakni fleksibilitasnya, beratnya, dan bahan bangunan untuk konstruksinya. Biasanya, suatu bangunan yang fleksibel akan menerima beban gempa lebih kecil dibandingkan bangunan yang lebih kaku. Bangunan yang lebih ringan akan menerima beban gempa yang lebih kecil daripada bangunan yang berat. Bangunan yang kenyal akan menyerap beban gempa yang lebih kecil daripada bangunan getas yang akan mudah runtuh mendadak saat gempa terjadi.

Bangunan dari kayu digolongkan sebagai bangunan yang kenyal. Untuk struktur kayu harus direncanakan dengan menggunakan Peraturan Muatan Indonesia yang baru. Beban rencana adalah 33%–50% dari gaya yang menyebabkan struktur masih dalam keadaan elastis. Reduksi ini tidaklah sama besarnya untuk bahan bangunan yang lain, misalnya baja yang mempunyai kekenyalan yang lebih besar dari kayu. Meskipun demikian, kekenyalan dapat diciptakan dalam struktur kayu dengan menggunakan alat penyambung yang kenyal pada

tiap-tiap hubungan elemen struktur kayu tersebut. Pada umumnya, sambungan dengan paku memberikan kekenyalan yang cukup.

3. Tingkat Pembebanan Gempa untuk Bangunan Kayu

Dengan memperhatikan faktor lapangan dan faktor bangunan, struktur kayu harus tetap mampu berdiri untuk menahan beban-beban sebagai berikut.

- Rangka kayu kenyal : 0,05*) x 1,7 = 0,085.
- Dinding geser kayu : 0,05*) x 2,5 = 0,125.
- Konstruksi rangka kayu yang diperkuat batang pengaku diagonal: 0,05*) x 3 = 0,15.

Keterangan :

*) Faktor ini mempunyai harga maksimum 0,13 pada zone I dan 0 pada zone 6. Hal ini berarti, misalnya suatu dinding geser terbuat dari *plywood* atau *particle board*, maka harus dapat menerima gaya horisontal sebesar 0,125 x berat total dari bagian struktur yang membebani dinding tersebut. Meskipun suatu bangunan direncanakan dengan harga pembebanan yang benar, mungkin bangunan tersebut masih mengalami kerusakan akibat gempa jika sebagian dari prinsip-prinsip utamanya tidak dipenuhi.

D. Prinsip-Prinsip Utama Konstruksi Rumah Tahan Gempa

1. Denah yang Sederhana dan Simetris

Penyelidikan atas kerusakan akibat gempa menunjukkan pentingnya denah bangunan yang sederhana dan elemen-elemen struktur penahan gaya horisontal yang simetris. Struktur seperti ini dapat menahan gaya gempa lebih baik karena kurangnya efek torsi dan kekuatannya yang lebih merata.

2. Bahan Bangunan Harus Seringan Mungkin

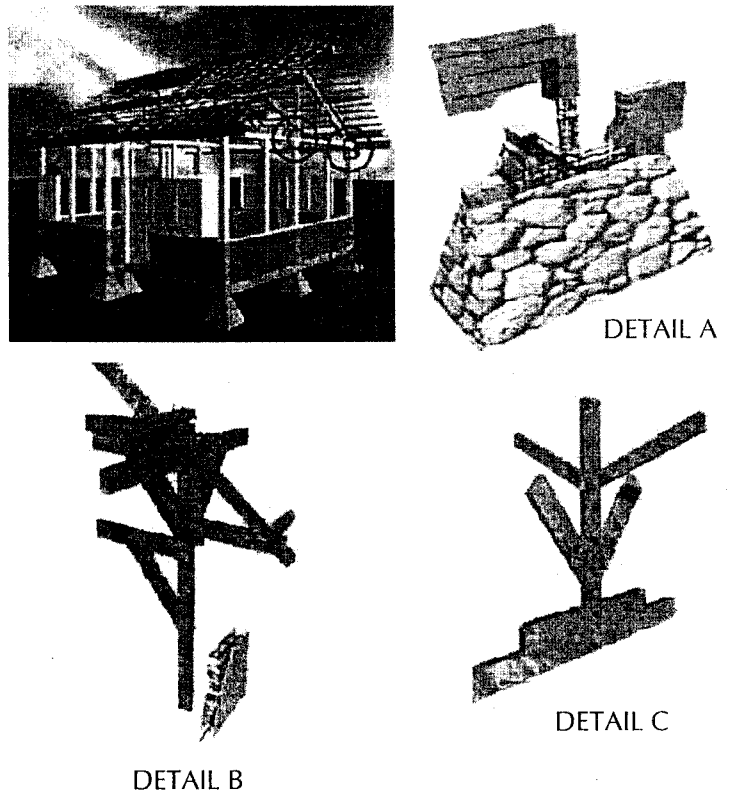
Terkadang, karena ketersediaan bahan bangun tertentu, seorang arsitektur atau sarjana sipil harus menggunakan bahan bangunan yang berat. Namun, untuk membuat rumah tahan gempa, sebaiknya tetap dipakai bahan bangunan yang ringan. Hal ini dikarenakan besarnya beban inersia gempa adalah sebanding dengan berat bahan bangunan. Sebagai contoh, untuk penutup atap di atas kuda-kuda kayu menghasilkan beban gempa horisontal sebesar 3 kali beban gempa yang dihasilkan oleh penutup atap seng di atas kuda-kuda kayu. Sama halnya dengan pasangan dinding bata menghasilkan beban gempa sebesar 15 kali beban gempa yang dihasilkan oleh dinding kayu.

3. Perlunya Sistem Konstruksi Penahan Beban yang Memadai

Supaya suatu bangunan dapat menahan gempa, gaya inersia gempa harus dapat disalurkan dari tiap-tiap elemen struktur pada struktur utama gaya horisontal yang kemudian memindahkan gaya-gaya ini ke fondasi dan ke tanah.

Struktur utama penahan gaya horisontal itu harus bersifat kenyal. Hal ini karena jika kekuatan elastis dilampaui, keruntuhan getas yang tiba-tiba tidak akan terjadi, tetapi pada tempat-tempat tertentu saja yang terjadi leleh terlebih dulu. Misalnya, deformasi paku pada batang kayu terjadi sebelum keruntuhan akibat momen lentur pada batangnya.

Cara gaya-gaya tersebut dialirkan biasanya disebut jalur lintasan gaya. Tiap-tiap bangunan harus mempunyai jalur lintasan gaya yang cukup untuk dapat menahan gaya gempa horisontal. Untuk memberikan gambaran yang jelas, di sini akan diberikan suatu contoh rumah sederhana dengan tiga hal utama yang akan dibahas, yaitu struktur atap, struktur dinding, dan fondasi.

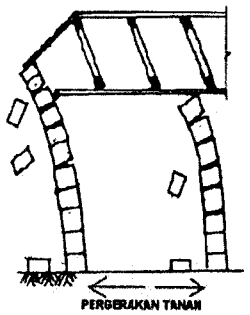


Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

Gambar 13.6. Struktur atap, dinding, dan fondasi rumah tahan gempa.

a. Struktur Atap

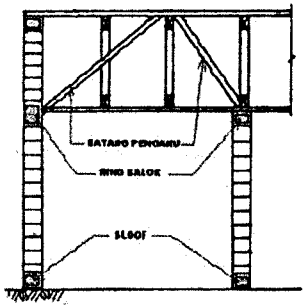
Jika tidak terdapat batang pengaku (*bracing*) pada struktur atap yang menahan beban gempa dalam arah X maka keruntuhan akan terjadi seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut.



Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

Gambar 13.7. Atap yang tidak diberi batang pengaku.

Sistem batang pengaku yang diperlukan diperlihatkan pada gambar di bawah ini:

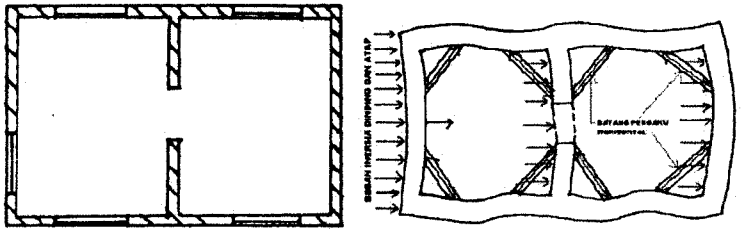


Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

Gambar 13.8. Batang pengaku pada atap.

Jika panjang bangunan lebih besar dari lebar bangunan maka mungkin diperlukan 2 atau 3 batang pengaku pada tiap-tiap ujungnya. Dengan catatan, pengaku ini harus disusun secara terus-menerus sehingga semua gaya dapat dialirkan melalui batang-

batang pengaku tersebut. Gaya-gaya ini kemudian akan dialirkan ke ring balok pada ketinggian langit-langit. Gaya-gaya dari batang pengaku dan beban tegak lurus bidang pada dinding menghasilkan momen lentur pada ring balok seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

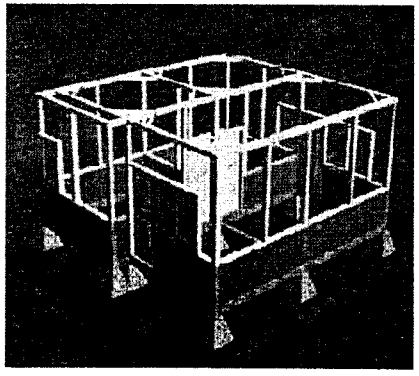


Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

Gambar 13.9. Posisi batang pengaku dilihat dari atas.

Jika panjang dinding pada arah lebar (arah pendek) lebih besar dari 4 meter maka diperlukan batang pengaku horisontal pada sudut untuk memindahkan beban dari batang pengaku pada bidang tegak dinding dalam arah X di mana elemen-elemen struktur yang menahan beban gempa utama. Sekali lagi, ring balok juga harus terus-menerus sepanjang dinding dalam arah X dan arah Y. Sebagai pengganti penggunaan batang pengaku diagonal pada sudut, ada 2 (dua) alternatif yang dapat dipilih oleh perencana.

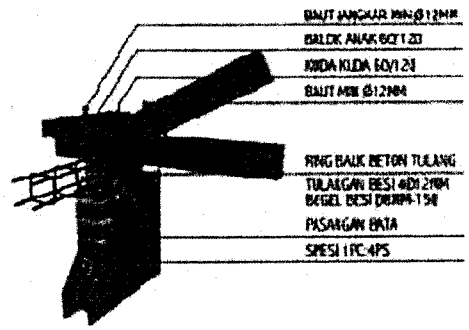
Ukuran ring balok dapat diperbesar dalam arah horisontal, misalnya 15 cm menjadi 30 cm atau sesuai dengan yang dibutuhkan dalam perhitungan. Atau, ring balok ini dipasang di atas dinding dalam arah X dan dipakai langit-langit sebagai diafragma, misalnya *plywood*.



Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

Gambar 13.10. Langit-langit rumah sebagai diafragma.

Untuk beban gempa arah Y, sistem struktur dibuat untuk mencegah ragam keruntuhan. Untuk mengalirkan gaya dari atap ke dinding dalam arah Y, salah satu alternatif di atas dapat dipilih yaitu penggunaan batang pengaku horisontal ring balok atau memakai langit-langit sebagai diafragma. Berikut gambar detail atap rumah.



Gambar 13.11. Ilustrasi sambungan atap dengan dinding.

Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

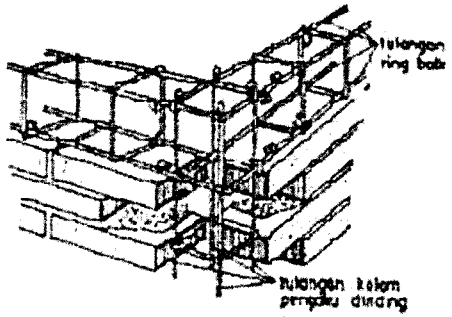
b. Struktur Dinding

Gaya-gaya aksial dalam ring balok harus ditahan oleh dinding. Pada dinding bata, gaya-gaya tersebut ditahan oleh gaya tekan diagonal yang diuraikan menjadi gaya tekan dan gaya tarik. Gaya aksial yang bekerja pada ring balok juga dapat menimbulkan gerakan berputar pada dinding. Putaran ini ditahan oleh berat dinding sendiri, berat atap yang bekerja di atasnya, dan ikatan sloof ke fondasi. Jika momen guling lebih besar dari momen penahannya maka panjang dinding harus diperbesar.

Kemungkinan lain untuk memperkaku dinding adalah sistem diafragma dengan menggunakan *plywood*, *particle board*, atau sejenisnya, serta pengaku diagonal kayu untuk dinding bilik. Penggunaan dinding diafragma lebih dianjurkan karena sering terjadi

kesulitan untuk memperoleh sambungan ujung yang lebih pada sistem pengaku diagonal.

Beban gempa yang bekerja pada arah Y ditahan dengan cara yang sama dengan arah X. Sebagai sistem struktur utama, dinding harus mampu menahan beban gempa yang searah dengan bidang dinding. Dinding juga harus mampu menahan gempa dalam arah yang tegak lurus bidang dinding. Dengan alasan ini, maka dinding bata (tanpa tulangan) harus diperkuat dengan kolom praktis dengan jarak cukup dekat. Sebagai pengganti kolom praktis ini dapat dipakai tiang kayu.



Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

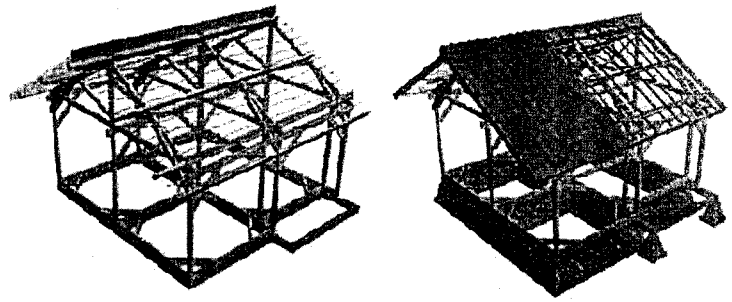
Gambar 13.12. Ilustrasi sambungan yang benar pada tembok.

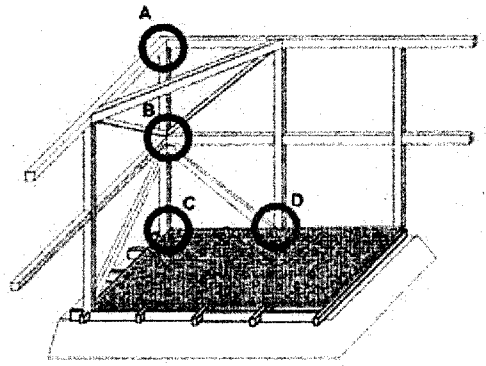
c. Struktur Fondasi

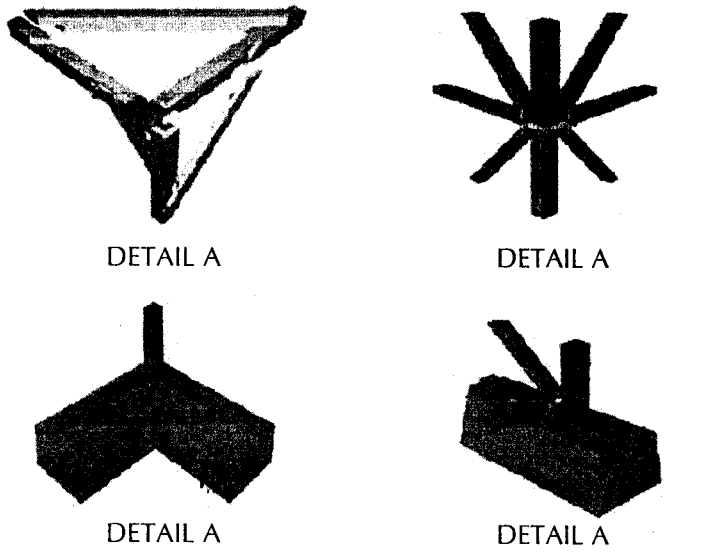
Struktur fondasi berperan penting untuk memindahkan beban gempa dari dinding ke tanah. Fondasi harus dapat menahan gaya tarik vertikal dan

gaya tekan dari dinding. Ini berarti, sloof menerima gaya geser dan momen lentur sebagai jalur lintasan gaya terakhir sebelum gaya-gaya tersebut mencapai tanah. Akhirnya, sloof memindahkan gaya-gaya datar tersebut ke tanah yang ditahan oleh daya dukung tanah dan tekanan tanah lateral.

Rumah yang terbuat dari kayu dengan lantai kayu dan fondasi kayu seperti gambar-gambar di bawah ini memerlukan batang pengaku untuk mencegah keruntuhan.







Sumber: http://zulfikri.wordpress.com

Gambar 13.13. Bagian-bagian rumah yang memerlukan batang-batang pengaku.

4. Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa untuk membangun rumah tahan gempa, harus memenuhi syarat-syarat berikut:

a. Bangunan harus terletak di atas yang stabil.
b. Denah rumah sebaiknya sederhana dan simetris.
c. Sloof diangkur ke fondasi.
d. Balok kayu (ring balik) dipasang keliling dan diikat kaku dengan kolom.

e. Seluruh kerangka kayu harus terikat secara kokoh dan kaku.
f. Pada setiap sudut (dinding, lantai, atap) diberi kayu pengaku.
g. Gunakan kayu kering, pilih bahan atap yang ringan.
h. Pilih bahan dinding yang ringan (papan) dan dipaku ke rangka dinding.
i. Rangka kuda-kuda papan paku atau kuda-kuda gantung, pada titik simpul sambungan kayu diberi baut dan plat pengikat.
j. Pelaksanaan konstruksi oleh tukang yang berpengalaman.

Bab 14

Pihak-Pihak Terkait dalam Penanggulangan Bencana

Dalam setiap kejadian bencana di Indonesia, ada beberapa pihak yang bekerja sama dalam melakukan usaha-usaha penanganannya. Menghubungi pihak-pihak terkait ini merupakan hak masyarakat karena keberadaan pihak-pihak tersebut memang untuk mendampingi masyarakat dalam usaha penanggulangan bencana. Hubungan dengan pihak-pihak terkait ini sebaiknya dijalin sejak sebelum bencana, saat bencana, dan setelah bencana terjadi. Untuk memperkuat kesiapsiagaan, masyarakat dapat mem-

peroleh pelatihan dan bantuan dari instansi atau organisasi tersebut.

Berikut adalah daftar lembaga-lembaga yang terkait dengan penanggulangan dan manajemen bencana.

A. Dinas Sosial

Dinas sosial adalah instansi pemerintah yang menangani bidang kesejahteraan yang bertugas membantu masyarakat yang dilanda bencana.

B. Tentara Nasional Indonesia (TNI)

TNI dapat memberikan pelatihan kepada masyarakat untuk meningkatkan kemampuan dalam bidang operasi di lapangan.

C. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)

BMKG adalah badan yang khusus menyelenggarakan kegiatan-kegiatan di bidang meteorology dan geofisika. Instansi ini bertugas memberikan informasi tentang perkembangan cuaca, gempa bumi, dan kegiatan kegunungapian. Cara menghubunginya: melalui Satlak PBP, Satkorlak PBP, atau umumnya di daerah rawan bencana sudah ada stasiun BMKG.

D. *Search and Rescue* (SAR)

Tim SAR adalah suatu lembaga yang bertugas dalam hal melakukan pencarian, pertolongan, dan penyelamatan terhadap orang ataupun material yang mengalami musibah atau diperkirakan hilang dalam suatu bencana (penerbangan, pelayaran, atau bencana alam). Caranya dapat menghubungi Pemda setempat atau hubungi 115.

E. Rumah Sakit (Unit Gawat Darurat)

Rumah sakit adalah instansi pemerintah maupun swasta yang memiliki kapasitas/kewenangan dalam hal pelayanan kesehatan masyarakat luas. Dalam hal penanganan bencana, rumah sakit melakukan penanganan korban bencana baik penanganan penderita gawat darurat maupun tindakan-tindakan perawatan korban bencana secara berkelanjutan.

F. Puskesmas (Pusat Kesehatan Masyarakat)

Puskesmas adalah instansi pemerintah yang memiliki tugas untuk memberikan pelayanan kesehatan di tingkat lapisan masyarakat terkecil. Instansi ini memiliki kemampuan untuk melakukan tindakan-tindakan penanganan penderita gawat darurat sebelum dilakukan evakuasi selanjutnya ke rumah sakit.

G. Polisi Daerah

Polisi daerah adalah instansi pemerintah yang memiliki kewenangan dalam hal keamanan dan ketertiban masyarakat sekaligus memiliki fungsi sebagai pihak yang melakukan tindakan-tindakan yang bersifat darurat dalam penanganan bencana di masyarakat. Instansi kepolisian biasanya ada di setiap tingkatan masyarakat hingga yang terkecil.

H. Satuan Pelaksana Penanggulangan Bencana dan Pengungsi (SATLAK PBP)

Satlak PBP adalah lembaga yang khusus bertugas untuk menanggulangi bencana di tingkat kabupaten atau kota. Hal-hal yang dapat dilakukan oleh Satlak PBP adalah memberikan bantuan yang mencakup kegiatan pencegahan, rehabilitasi, rekonstruksi daerah bencana pada tingkat kabupaten. Cara menghubunginya: hubungi kantor pemerintah daerah kabupaten/kota setempat.

I. Satuan Koordinasi Pelaksanaan Penanggulangan Bencana dan Pengungsi (SATKORLAK PBP)

Satkorlak PBP adalah lembaga yang khusus bertugas untuk penanggulangan bencana di tingkat

provinsi. Hal-hal yang dilakukan oleh Satkorlak PBP adalah memberikan bantuan yang mencakup kegiatan pencegahan, rehabilitasi, dan rekonstruksi pada tingkat provinsi.

J. Hansip/Linmas

Hansip adalah kelompok masyarakat yang ditugaskan untuk membantu tugas kepolisian dalam melakukan pengamanan wilayah domisili tugas mereka. Kelompok ini terdiri dari anggota-anggota masyarakat terpilih dan dipercaya untuk melakukan pengawasan terhadap keamanan dan ketertiban wilayahnya.

K. PMI (Palang Merah Indonesia)

PMI adalah lembaga yang bertugas untuk membantu masyarakat dalam meringankan penderitaan masyarakat yang dilanda bencana. Cara menghubungi: dengan menghubungi Satlak PBP di kantor pemerintah kabupaten atau menghubungi langsung PMI pada tingkat kabupaten.

L. Kepala Desa

Kepala desa berperan mengorganisasikan masyarakat dalam hal mempersiapkan, menanggulangi, dan memulihkan wilayahnya setelah terjadi gempa.

M. Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)

LSM lokal dapat bekerja sama dengan masyarakat dalam menanggulangi bencana dan membantu masyarakat untuk membina hubungan keluar.

N. Media Massa

Media massa cetak maupun elektronik (televisi dan radio) dapat menyebarkan berita tentang bencana dan dapat membantu untuk mencarikan bantuan. Cara menghubunginya: hubungi media cetak/elektronik setempat, dapat juga melalui Satlak atau Satkorlak.

O. Kelompok Masyarakat Penanggulangan Bencana (KMPB)

KMPB ini terdiri dari anggota-anggota masyarakat yang pembentukannya merupakan hasil dari keputusan masyarakat bersama.

Bab 15

Penutup

Letak geografis dan kondisi geologis menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara yang sangat berpotensi sekaligus rawan bencana seperti gempa bumi, tsunami, banjir, tanah longsor, badai, dan letusan gunung berapi. Secara umum, hampir setiap tahun Indonesia mengalami peristiwa bencana alam.

Usaha penanggulangan bencana adalah kemampuan masyarakat sendiri atau kerja sama dengan instansi terkait dalam persiapan untuk mencegah, menangani, dan memulihkan keadaan setelah bencana alam terjadi. Bencana dapat terjadi kapan saja, di mana saja, dan menimpa siapa saja. Oleh karena itu, usaha penanggulangan bencana perlu dilakukan.

Setiap masyarakat perlu siaga agar dapat mencegah dan mengurangi risiko yang diakibatkan bencana alam, khususnya gempa bumi.

Bencana dapat menimpa siapa saja dan kapan saja. Bukan tidak mungkin saat ini kita mendengar dan melihat bencana di tempat lain meski melalui televisi, esok lusa kita yang akan mengalaminya. Oleh karena itu, kewaspadaan perlu selalu kita tingkatkan tanpa mengabaikan orang yang sedang terkena musibah. Kalau bukan kita, siapa lagi yang akan menolong saudara-saudara kita di sana? Mereka sangat membutuhkan uluran tangan kita. Bantuan sekecil apa pun sangat berharga bagi mereka. Berikut beberapa hal yang mereka perlukan:

a. Makanan
b. Pakaian
c. Tempat Berteduh
d. Air bersih
e. Obat-obatan

Dengan adanya berbagai bencana yang pernah dialami negara kita ini, membuat kita semakin mengenal alam dan yang pasti semakin mendekatkan diri kepada Allah Swt. Kita memang sangat kecil di hadapan-Nya. Introspeksi diri perlu selalu kita tingkatkan. Tanpa kepasrahan dan keikhlasan dalam menerima cobaan, kita tidak akan dapat menikmati indahnya hidup ini.

Daftar Pustaka

Bachri, Moch. 2006. *Geologi Lingkungan*. Malang: Aksara.

Pusat Vulkanik dan Mitigasi Bencana Geologi. 2005. *Pengenalan Gerakan Tanah*. Jakarta: Mancamedia.

Tanpa Nama. 2009. *Cara Penyelamatan dari Bahaya Gempa Bumi*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.

Studio Penataan Bangunan dan Lingkungan Dirjen Cipta Karya. 2006. *Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Tahan Gempa*. Tanpa Kota: Tanpa Penerbit.

Website:

http: dunia.vivanews.com diakses pada tanggal 8 September 2009

http: id.wiki.detik.com diakses pada tanggal 13 Oktober 2009

http: id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi diakses pada tanggal 6 September 2009

http: id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_tektonik diakses pada tanggal 6 dan 9 September 2009

http: images.google.co.id diakses pada tanggal 6 September 2009
http: groups.google.com diakses pada tanggal 11 Oktober 2009
http: kosmo.vivanews.com diakses pada tanggal 11 Oktober 2009
http: merapi.vsi.esdm.go.id **diakses pada tanggal 6 September 2009**
http: www.arthagrahapeduli.org diakses pada tanggal 8 September 2009
http: www.e-dukasi.net diakses pada tanggal 6 September 2009
http: www.g-excess.com diakses pada tanggal 6 September 2009
http: www.swaberita.com diakses pada tanggal 6 September 2009
http: www.tribunjabar.co id diakses pada tanggal 11 Oktober 2009
http: www.unhabitat-indonesia.org diakses pada tanggal 13 Oktober 2009
http: www.wikimu.com diakses pada tanggal 11 Oktober 2009
http: zulfikri.wordpress.com diakses pada tanggal 13 Oktober 2009
http: www.idepfoundation.org.pdf diakses pada tanggal 6 September 2009

Tentang Penulis

Evi Rine Hartuti, lahir pada tanggal 26 September 1977 di kota pelajar, Yogyakarta. Pendidikan formalnya dia selesaikan di kota itu juga. Setelah berhasil meraih gelar S1-nya di Universitas Negeri Yogyakarta, Fakultas MIPA, Jurusan Matematika, ia kemudian bekerja di sebuah penerbitan di Klaten. Mulai dari sinilah, ia mengasah keterampilannya dalam menulis. Beberapa buku berhasil dia selesaikan di perusahaan tersebut. Setelah satu tahun bekerja, ia hijrah ke kota kelahirannya kembali.

Saat ini, ia bekerja di salah satu penerbitan terkemuka di Yogyakarta. Selain sebagai editor di penerbitan tersebut, ia juga terus mengembangkan kemampuan menulisnya dengan menjadi penulis *freelance* di beberapa penerbitan di Yogyakarta. Ilmu yang diperolehnya di universitas juga tidak ia siasiakan. Ia sumbangkan ilmunya dengan memberi les privat.

Beberapa buku yang pernah ditulisnya antara lain: *Menjelajah Negeri Antah Berantah* (Empat Pilar Pendidikan, 2004), *Prisma* (Intan Pariwara, 2007),

Aksi Matematik sang Detektif Cilik (Empat Pilar Pendidikan, 2004), *Buku Panduan Penggunaan Alat Peraga MEQIP* (Empat Pilar Pendidikan, 2005), *Ensiklopedi Matematika* (Empat Pilar Pendidikan, 2006), *Dunia Matematika Kelas 1 SD* (Pusat Perbukuan, 2008), *Dunia Teknologi, Informasi, dan Komunikasi* (Pusat Perbukuan, 2009), *Sayuran Dokter Tubuhmu* (Media Pressindo, 2007), dan lain-lain.

Dan, untuk info lebih lengkap mengenai buku-buku kami, silahkan kunjungi website: www.diva-press-online.com.